

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAITRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR  
LOUISE LAMBERT

ÉTUDE *in vitro* DE LA CROISSANCE DU DORYPHORE,  
*LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY (COLEOPTERA:  
CHRYSOMELIDAE), ALIMENTÉ SUR DU FEUILLAGE FRAIS  
ET DES DIETES ARTIFICIELLES.

1996

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

## RESUME

Le doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae), est un ravageur important de la pomme de terre, *Solanum tuberosum*, et de plusieurs autres cultures. Il y a cependant des différences géographiques relatives au choix des hôtes par les populations concernées. Nous avons voulu approfondir la relation plantes hôtes-insectes pour une population de doryphores provenant de la région de Trois-Rivières au Québec. Ces expérimentations se sont déroulées en laboratoire par la détermination des préférences d'acceptation et de consommation des larves et des adultes sur diverses essences végétales. Il est apparu que les larves de doryphores consommaient en plus grande quantité les feuilles d'aubergine, *S. melongena*, plutôt que celles de pommes de terre, pour compléter leur vie larvaire et ce, pour un temps de développement cumulatif semblable, soit 444,32 et 441,45 hres respectivement, et une mortalité identique ( $P > 0,05$ ). Il est apparu qu'une quantité moindre de feuilles de pommes de terre était nécessaire pour permettre le passage d'un stade à l'autre. Quant aux doryphores adultes, ils avaient tendance à consommer plus de feuilles de pommes de terre que de celles des autres essences, ce qui pourrait découler de leurs préférences d'oviposition favorisant les besoins alimentaires des futures larves. Par contre, les différentes essences végétales ne semblent pas influencer le temps de développement des nymphes. De plus, malgré le fait que seulement 4 adultes aient pu se développer en se nourrissant sur l'asclépiade, *Asclepias syriaca*, celle-ci pourrait venir jouer un rôle important dans la distribution du doryphore, étant données sa grande répartition et son abondance. Il en est de même pour le tabac florifère, *Nicotiana glauca*, qui, malgré un effet de ralentissement sur le temps de développement

larvaire, a permis un taux d'émergence des adultes comparable à ceux enregistrés sur la pomme de terre et l'aubergine. Le tabac florifère, de plus en plus cultivé pour des fins ornementales, pourrait s'avérer être un nouvel hôte alternatif favorable à l'expansion des populations de doryphores. Par ailleurs, la tomate, *Lycopersicon esculentum*, apparaît fort limitative au développement larvaire de la population étudiée, aucun adulte n'ayant été obtenu à la fin du cycle vital. Finalement, nous avons tenté de déterminer par des tests sur diètes artificielles, les besoins alimentaires du doryphore, relatifs aux éléments nutritifs essentiels. Les acides aminés testés apparaissent jouer un rôle primordial notamment au niveau du premier stade larvaire. Si on considère dans les diètes l'apport complémentaire des acides aminés et des sucres, il en ressort une meilleure survie des individus. Cette constatation pourrait s'avérer intéressante dans la mise au point d'une diète artificielle pour un élevage du doryphore.

## REMERCIEMENTS

Je remercie mon directeur de recherche, le Dr Jean-Pierre Bourassa, pour son encadrement constant, sa disponibilité et ses encouragements lors de périodes difficiles, tout au long de mes travaux. De plus, par son analyse critique rigoureuse, lors de la rédaction de ce mémoire il m'a permis de m'améliorer et de persévérer afin de réussir dans ma future carrière de biologiste.

J'aimerais aussi remercier le Dr Antoine Aubin, pour avoir pris le temps d'approfondir avec moi les statistiques reliées aux tables de vie, ainsi que pour l'ensemble de ses judicieux conseils.

Je tiens aussi à remercier Mme Karine Bernier pour son aide technique, et M. Jean-Louis Benoit, technicien au département de chimie-biologie, pour son soutien moral et son aide technique.

La participation de mon co-directeur, le Dr Raymond-Marie Duchesne du MAPAQ, lors de la réorganisation du projet de recherche et de la préparation des diètes artificielles en collaboration avec le Dr Jean Cabana et Mme Monique Dubé du MAPAQ, a été très appréciée.

Enfin, je remercie M. Luc Darveau pour sa participation technique, ses encouragements, son amour et sa patience, qui m'ont permis de persévérer. Je souhaiterais dédier ce mémoire à mon père, qui j'en suis sûre en aurait été très fier.

En dernier lieu, je voudrais souligner que cette recherche s'est faite avec l'aide financière du Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche du Gouvernement du Québec (FCAR).

# TABLE DES MATIERES

RESUME .....	i
REMERCIEMENTS .....	iii
TABLE DES MATIERES .....	iv
CHAPITRE 1 .....	1
1. Introduction générale .....	1
1.1 Problématique .....	3
1.2 Cycle de vie du doryphore .....	3
1.3 Essences hôtes: les Solanaceae .....	5
1.4 Diètes artificielles .....	7
CHAPITRE 2 - Tables de vie du doryphore, alimenté sur cinq essences végétales différentes. ....	9
Résumé .....	9
Introduction .....	11
Matériel et Méthodes .....	13
Résultats .....	16
Discussion .....	19
Remerciements .....	23

Références .....	24
Tableaux de l'article .....	28
CHAPITRE 3 - Comparaison des taux de consommation et des temps de développement des stades du doryphore sur différentes essences végétales.....	32
Résumé .....	32
Introduction .....	34
Matériel et Méthodes .....	36
Résultats .....	41
Discussion .....	46
Remerciements .....	51
Références .....	52
Tableaux et figures de l'article .....	56
CHAPITRE 4 - Modification d'une diète alimentaire artificielle, selon ses éléments importants, favorable à la croissance du doryphore, <i>Leptinotarsa decemlineata</i> Say (Coleoptera: Chrysomelidae). ....	64
Résumé .....	64
Introduction .....	66
Matériel et Méthodes .....	68
Résultats et Discussion .....	72
Remerciements .....	76
Références .....	77

Tableaux de l'article .....	80
CONCLUSION GENERALE .....	85
RÉFÉRENCES GÉNÉRALES .....	87
ANNEXES .....	90
RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS .....	90
The Canadian Entomologist .....	91
Environmental Entomology .....	93



## CHAPITRE 1

### 1. Introduction générale

Le doryphore de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae; Chrysomelinae), est devenu le plus important ravageur de la pomme de terre, *Solanum tuberosum* L., au Canada et dans plusieurs régions productrices de pommes de terre des États-Unis (Boiteau et Le Blanc 1992). Cette première expansion sur un hôte aussi important économiquement s'est produite il y a environ 150 ans, suite à l'introduction en Amérique du Nord de la pomme de terre (Lu et Logan 1994). Ainsi, en l'absence de moyens de lutte alternatifs adéquats, l'utilisation excessive d'insecticides chimiques a provoqué l'apparition d'une résistance marquée de l'insecte aux insecticides (Follett et al. 1993).

L'acquisition de cette résistance s'est avérée un tournant majeur en Amérique du Nord, en provoquant depuis les 10 dernières années, une augmentation du nombre de recherches sur l'écologie de ce ravageur. On a pu constater une augmentation de l'intérêt apporté aux relations plantes hôtes-insectes entre autres par des recherches impliquant des cultures variées et des hôtes alternatifs, ou portant sur la résistance de plants aux insectes, ainsi que sur les seuils économiques acceptables (Follett et al. 1993). De plus, une meilleure connaissance du cycle de vie du doryphore sous des conditions locales, révèle de plus en plus clairement les adaptations génétiques de l'insecte dans l'utilisation d'essences hôtes alternatives (Horton et Capinera 1990). En conséquence, une portion de population pourrait utiliser des hôtes alternatifs non-traités aux insecticides, permettant alors à ces individus d'éviter l'exposition à ces produits, et ainsi favoriser la survie des diverses populations (Follett et al. 1993).

De plus, même si la distribution mondiale du doryphore est étroitement liée à la présence de champs de pommes de terre, les représentants de la souche mexicaine, vivent toujours sur les hôtes sauvages originaux, soit *Solanum rostratum* Dunal et *S. angustifolium* Mill. (Lu et Logan 1993). Plusieurs populations du sud-ouest américain, se rencontrent aussi sur diverses espèces de *Solanum* sauvages (Duchesne et Parent 1991).

Afin de préciser les exigences alimentaires de l'espèce, la comparaison des temps de développement, des taux de consommation et de mortalité, relatifs aux différents stades du cycle de vie du doryphore, a été réalisée avec différentes essences végétales. Les plantes retenues sont principalement des Solanacées, certaines comme la pomme de terre permettent au doryphore de compléter son cycle vital, d'autres comme le tabac florifère sont susceptibles de permettre la survie de l'espèce, afin de déterminer une possible stratégie alimentaire de survie par l'utilisation d'essences-hôtes alternatives. Cette étude vise aussi à déterminer la variation de l'acceptation et de la préférence de consommation des larves et des adultes sur différentes essences végétales.

L'impact de différentes diètes artificielles sur la croissance du doryphore a aussi été vérifié. De telles diètes ont été principalement développées depuis les années 50, afin de satisfaire à la demande de chercheurs dans l'utilisation d'insectes en recherches (Singh 1977).

## 1.1 Problématique

Les adultes aussi bien que les larves du doryphore se nourrissent principalement aux dépens des feuilles de plants de pommes de terre, et leur présence en grand nombre peut devenir catastrophique (Stanek 1979). Sans contrôle, ces ravageurs ont tôt fait de dépouiller les jeunes plants de leur feuillage, ce qui donne des tubercules peu développés ou de faibles rendements agricoles (Anonyme 1975).

Néanmoins, bien qu'il soit plus communément reconnu comme un ravageur important de la pomme de terre, le doryphore s'attaque aussi à plusieurs autres cultures de solanacées, incluant dans le nord-est des États-Unis la tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill., et l'aubergine, *Solanum melongena* L. (Ferro et al. 1991). Les dommages causés aux tomates par le doryphore peuvent être substantiels, particulièrement dans les états du centre et du nord-est Atlantique. Malgré qu'une certaine résistance de ces plants face au doryphore soit connue depuis 30 ans, à ce jour, il n'y a pas encore de variété de tomate commercialisée qui soit entièrement résistante à cet insecte (Barbour et Kennedy 1991).

## 1.2 Cycle de vie du doryphore

Le doryphore, *L. decemlineata*, est la seule espèce d'insecte appartenant au genre *Leptinotarsa* au Canada; son cycle vital complet est composé de sept stades (Boiteau et Le Blanc 1992).

Les adultes passent l'hiver dans le sol, la majorité à une profondeur variant de 7,6 à 12,7 cm, mais pouvant atteindre 50 cm; d'ailleurs, seul l'adulte peut hiverner (Hare 1990). À leur apparition, après l'hivernation, soit durant la

dernière semaine de mai ou au début de juin, les doryphores cherchent des hôtes potentiels. Après 5 à 10 jours, les femelles commencent à déposer des masses de 20 à 60 oeufs, sur la face inférieure des feuilles du plant hôte (Hare 1990). La ponte se poursuit durant plusieurs semaines (Boiteau et Le Blanc 1992). L'accouplement des adultes est répétitif; les femelles peuvent s'accoupler soit avant et / ou après la diapause (Hare 1990). Comme les femelles produisent plusieurs masses d'oeufs sur une période de quelques semaines, la première génération d'adultes n'émerge pas de façon synchrone (Hare 1990).

Les larves éclosent 4 à 9 jours après la ponte. Tous les oeufs d'une même masse éclosent simultanément et les larves commencent immédiatement à se nourrir; celles-ci passeront par quatre stades larvaires successifs. Les jeunes larves néonates demeurent réunies en groupes et mangent d'abord les enveloppes des oeufs, puis la feuille sur laquelle elles sont nées. Au deuxième stade, elles commencent à se disperser sur le plant alors que celles des troisième et quatrième stades se dispersent plus loin et causent des dommages importants aux feuilles (Boiteau et Le Blanc 1992). La consommation totale varie selon le plant hôte, mais la proportion de feuillage consommé par stade demeure relativement constante parmi les espèces hôtes (Hare 1990).

La durée de chacun de ces stades varie selon la température. Au Canada, les trois premiers stades ont une durée de 2,5 à 4 jours chacun. Le quatrième stade dure plus longtemps soit de 6 à 9 jours. En fait, il s'écoule un total de 13,5 à 21,0 jours pour l'ensemble de la période larvaire (Boiteau et Le Blanc 1992). Les effets de la température sur le développement ont été examinés chez plusieurs populations de doryphores. Le seuil de développement varie avec la population et le stade mais se situe

généralement entre 8° et 12°C; à des températures constantes, le développement optimal apparaît entre 25° et 33° (Hare 1990).

Lorsque les larves du quatrième stade cessent de se nourrir, elles s'enfoncent dans le sol pour la nymphose. Elles y restent, sous forme de prénymphe, au moins aussi longtemps que la durée de leur séjour sur la plante sous forme de larves de quatrième stade. La nymphose se produit ensuite et se termine 5 à 7 jours plus tard par la mue imaginale (Boiteau et Le Blanc 1992). Le sexe de ces adultes peut être déterminé selon l'approche décrite par Pelletier (1993).

Durant l'été, une ou deux générations sont produites selon les régions et les conditions du milieu. La taille des adultes varie quelque peu, mais ils mesurent en moyenne 9,5 mm de long et 6,4 mm de large (Hodgson et al. 1975). Leurs élytres portent 10 rayures noires caractéristiques (Boiteau et Le Blanc 1992). Les doryphores cherchent à se nourrir sur des plantes hôtes de la famille des Solanaceae. Le choix des hôtes du doryphore est relativement étroit, confiné à quelque 20 espèces de cette famille (Boiteau et Le Blanc 1992).

### **1.3 Essences hôtes: les Solanaceae**

Les Solanaceae comprennent soixante-quinze genres dont 1800 espèces; elles sont répandues surtout dans les régions chaudes et tempérées du globe, notamment en Amérique (Marie-Victorin 1964). Au point de vue chimique, la famille des Solanaceae est bien connue pour les alcaloïdes que ses représentants contiennent. Par exemple, la partie verte des pommes de terre contient de la solanine, le tabac, *Nicotiana* spp., contient de la nicotine,

et la morelle mortelle, *Atropa belladonna*, produit de l'atropine (Price 1984). Ces alcaloïdes particuliers rendent nombre d'entre elles vénéneuses (Vallardi 1964). Malgré cela, quelques insectes, dont le doryphore sont restreints aux membres de cette famille dans leurs habitudes alimentaires (Price 1984).

En Amérique du Nord plusieurs espèces de Solanacées sauvages comme *Solanum elaeagnifolium* Cav., *S. carolinense* L. et *S. sarrachoïdes* Send. hébergent certaines populations de doryphores; elles constituent des lieux de refuge quand le plant hôte cultivé est rare ou absent (Hare 1990). De plus, ces plants peuvent exercer une pression de sélection significative lors d'isolements géographiques, pouvant provoquer des différences dans l'acceptation des espèces hôtes de Solanaceae (Szentesi et Jermy 1993). D'autres hôtes convenables incluent *Solanum rostratum* et *S. augustifolium*, les hôtes originaux de l'insecte, *S. dulcamara* L., une espèce européenne maintenant largement distribuée en Amérique du Nord et *S. melongena*, l'aubergine cultivée (Hare 1990). Des espèces additionnelles comme la tomate cultivée, *Lycopersicon esculentum* et *Hyoscyamus niger* L., sont utilisées occasionnellement ou fréquemment par des populations d'insectes particulièrement bien adaptées (Hsiao 1978). Mais, l'hôte le plus convenable pour la plupart des populations de doryphores demeure quand même la pomme de terre cultivée, *S. tuberosum*.

Malgré cette préférence marquée pour les plants de pommes de terre, le doryphore peut compléter son cycle de vie sur le tabac florifère, *Nicotiana glauca* Link & Otto. Celui-ci, originaire d'Amérique du Sud, est largement utilisé comme espèce ornementale au Canada et aux États-Unis. Il s'agit de la première espèce de *Nicotiana* à être considérée comme un hôte alternatif acceptable par le doryphore, et pourrait ainsi venir faciliter la survie et la distribution de l'insecte dans la nature (Duchesne et Parent 1991).

#### **1.4 Diètes artificielles**

L'utilisation des diètes artificielles pour l'élevage des insectes est une approche de plus en plus courante. L'élevage sur des plants en pots ou sur des tiges coupées prend du temps, requiert des espaces parfois importants et les taux de développement larvaires enregistrés peuvent être plus variables que ceux obtenus en nature. De plus, le transfert des larves sur feuilles isolées peut causer des mortalités additionnelles. Les diètes artificielles ont donc été développées afin de réduire la mortalité larvaire, standardiser les taux de développement et faciliter la manipulation et le transport des insectes vers d'autres laboratoires ou vers le terrain pour des fins de lâchers en nature (Smith et Wilson 1995).

La demande en diètes artificielles peut devenir importante dans les études relatives à la physiologie, à l'écologie et à la génétique notamment, et dans la mise au point de techniques de lutte aux insectes, telles la stérilisation des mâles, la production d'agents pathogènes, les manipulations d'hormones et de phéromones, et en lutte biologique (Singh 1977).

Les formulations de diètes artificielles qui ont eu du succès, se sont appuyées sur une compréhension de la nutrition de base de l'insecte et sur une connaissance adéquate de l'habitat et des différents comportements d'alimentation des insectes considérés.

Quatre conditions principales, selon Singh (1977) sont requises à la formulation d'une diète:

- elle doit être physiquement et / ou chimiquement attractive;
- elle doit induire et stimuler l'insecte à puiser sur une nourriture non familière;

- elle doit posséder tous les éléments nutritifs essentiels dans des proportions assurant de façon optimale la croissance, le développement et la reproduction de l'insecte;
- elle doit être exempte de contamination microbienne.

Ces conditions seront donc prises en considération lors de la formulation de différentes diètes visant à obtenir une croissance optimale du doryphore en conditions de laboratoire, dans un but d'élevage de celui-ci.



## CHAPITRE 2

### TABLES DE VIE DU DORYPHORE *LEPTINOTARSA* *DECEMLINEATA* SAY (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE), ALIMENTÉ SUR CINQ ESSENCES VÉGÉTALES DIFFÉRENTES.

#### Résumé

Depuis que le doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), a quitté ses hôtes sauvages au Mexique pour se répandre à travers le monde, il est devenu le plus important ravageur de la pomme de terre. Certaines de ses populations ont développé une préférence particulière pour d'autres types d'hôtes, le choix des plants différant selon les variations géographiques. Nous avons effectué une étude des tables de vie, afin de connaître les essences végétales privilégiées par les doryphores au Québec, essences pouvant s'avérer des hôtes d'importance agricole et potentiels à la distribution de cet insecte. Les essences utilisées ont été la pomme de terre, *Solanum tuberosum*, l'aubergine, *S. melongena*, la tomate, *Lycopersicon esculentum*, le tabac florifère, *Nicotiana glauca*, et l'asclépiade, *Asclepias syriaca*. Pour l'aubergine et le tabac florifère, des tables de vie semblables à celle obtenue sur la pomme de terre ont été enregistrées; les taux d'émergence des adultes ont atteint respectivement 37,21 %, 35,42 % et 39,13 %. Par contre, les données des tables de vie enregistrées sur l'asclépiade et la tomate diffèrent de façon notable de celles obtenues sur les autres essences, avec une augmentation marquée de la mortalité chez les larves, et des taux d'émergence respectifs de seulement 6,45 % et 0,00 %. Finalement, l'essence la plus compromettante pour le développement de la larve jusqu'à l'adulte est la tomate, malgré le fait que l'asclépiade n'est pas un hôte habituel pour l'insecte. De plus, le tabac

florifère semble constituer un hôte alternatif intéressant, possédant un potentiel favorable à la survie et l'expansion du doryphore.

## Introduction

La capacité du doryphore de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), de quitter ses hôtes sauvages, *Solanum rostratum* Dunal et *Solanum angustifolium* Mill. pour aller s'établir sur la pomme de terre, *Solanum tuberosum* L., lui a permis de se répandre du Mexique et de l'ouest des États-Unis vers l'est et vers le Canada ainsi qu'en Europe (Lu et Logan 1993). Rappelons qu'on avait décrit cet insecte dans les années 1800 comme étant une espèce relativement sans danger et apparemment associée à une mauvaise herbe, *S. rostratum* (Horton et Capinera 1990).

La première invasion d'un hôte aussi important économiquement que la pomme de terre s'est produite il y a environ 150 ans, après que celle-ci fut introduite en Amérique du Nord (Lu et Logan 1994). Aujourd'hui, la plupart des populations de doryphores d'Amérique se nourrissent et pondent de façon préférentielle sur la pomme de terre; l'espèce est devenue le plus important ravageur de cette culture (Boiteau et Le Blanc 1992; Hough-Goldstein et Whalen 1993; Brust 1994).

Cependant, pour les différentes populations de doryphores, Hsiao (1981) et Hare & Kennedy (1986) ont montré des différences héréditaires dans la capacité des larves à se développer sur différentes espèces de *Solanum* (Weber et al. 1995). Ces variations géographiques dans le choix des hôtes sont illustrées notamment, par les populations du Mexique qui se développent très difficilement sur la pomme de terre préférant leurs hôtes sauvages originaux, ainsi que par les doryphores de l'état de l'Arizona qui paraissent uniquement adaptés à *Solanum elaeagnifolium* Cav., un hôte peu approprié pour les autres populations de doryphores (Lu et Logan 1993). De plus, quelques populations dans le nord-est des États-Unis se sont adaptées à la

tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Lu et Logan 1993), alors que d'autres affectionnent un éventail d'hôtes incluant des essences comme *S. carolinense* L. et *S. sarrachoïdes* Send. (Hare 1990). Ainsi, les cultures commerciales endommagées par les diverses populations de doryphores sont principalement la pomme de terre, l'aubergine et la tomate (Hsiao 1978; Hough-Goldstein et al. 1993; Hunt et al. 1994).

Comme l'élaboration de tables de vie constitue une approche importante pour comprendre la dynamique des populations d'un insecte (Jayanth et Bali 1994), nous l'avons utilisée dans l'évaluation du potentiel alimentaire des doryphores sur les essences végétales retenues. L'approche en laboratoire a été retenue pour recueillir les données relatives aux tables de vie, en raison de la grande variabilité des résultats qui sont obtenus en champs (Sanford et Cantelo 1989). Les objectifs principaux de cette étude visent à connaître les réponses sélectives de doryphores, face à la disponibilité de quelques essences végétales d'importance agricole du sud du Québec et à vérifier si certains hôtes secondaires peuvent aussi favoriser leur survie et expansion.

## Matériel et Méthodes

Les travaux se sont déroulés en laboratoire; les doryphores ont été obtenus d'un élevage, maintenu sous conditions environnementales stables, dans une salle spécialement aménagée à cette fin (température de 25°C; photopériode de 16:8). Les individus requis pour l'élevage ont été récoltés sous forme de larves et d'adultes, à l'été 1993, dans des champs de pommes de terre n'ayant pas subi de traitements insecticides. Ces champs étaient situés dans la région de Trois-Rivières au Québec. De plus, des individus récoltés dans les mêmes champs ont été ajoutés occasionnellement afin de soutenir et régénérer l'élevage. Les insectes ont été nourris sur des plants de pommes de terre cultivés en pots.

Les oeufs de doryphores obtenus de l'élevage ont été gardés jusqu'à éclosion dans des Pétris légèrement humidifiés. Un tel isolement fut nécessaire afin d'éviter tout cannibalisme, fréquent de la part des adultes et des individus du dernier stade larvaire (Tamaki et al. 1982). Les larves ainsi obtenues, furent portées sur des plants de pommes de terre; elles pouvaient effectuer leur nymphose en s'enfouissant dans la terre supportant ces mêmes plants. Les adultes nouvellement émergés ont été placés sur des plants frais dans le but de permettre l'accouplement et l'oviposition, et d'assurer un élevage continu.

Pour la réalisation des travaux, les oeufs de doryphores provenant de l'élevage ont été placés, 6 heures ou plus après leur ponte, sous une température de 10°C afin de retarder leur éclosion. Il est impossible de les maintenir à cette température plus de douze jours, après ce laps de temps, le taux d'éclosion diminuant de  $60,0 \pm 2,6 \%$  à  $3,8 \pm 1,9 \%$  (Boiteau et Alford 1983). Ces oeufs ont ensuite été exposés à 24°C afin que les différentes

pontes puissent éclore de façon synchrone. Ainsi, selon les mêmes auteurs, 80 % des oeufs éclosent dans les quatre jours suivant leur exposition à une telle température. La photophase utilisée était alors de 17,5 heures.

Les larves néonates, pour être utilisées dans nos travaux, devaient être issues des oeufs depuis au moins 24 heures, afin de leur permettre de consommer la coquille de ces derniers. Par la suite, elles ont été déposées, à l'aide d'un petit pinceau, dans des Pétris (90 x 15 mm) contenant un papier filtre humide et une feuille de l'essence végétale retenue pour l'expérience. Pour réduire la condensation et augmenter l'aération, le couvercle des Pétris était partiellement grillagé. Une seule larve a été déposée dans chacun de ces derniers. Identifiés individuellement, ils ont été placés dans une chambre de croissance (Convion ®, Modèle No. I23L). maintenue à une température constante de  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , sous une humidité de 70 à 80% et une photopériode de 16:8, assurée par des fluorescents à lumière blanche et à large spectre (Gro & Sho, GE Canada).

De 20 à 26 jeunes larves ont été utilisées pour chacune des essences végétales et deux réplicats effectués. Ces essences furent la pomme de terre, *Solanum tuberosum* (var. Chieftain), l'aubergine, *Solanum melongena* L. (var. Black Beauty), la tomate, *Lycopersicon esculentum*, le tabac florifère, *Nicotiana glauca* Link & Otto. Cette dernière étant la première espèce de *Nicotiana* reconnue comme ayant un potentiel d'hôte alternatif pour le doryphore, elle pourrait selon Duchesne et Parent (1991), faciliter la survie et la dispersion de l'insecte dans la nature. De plus, l'asclépiade, *Asclepias syriaca* L., a aussi été utilisées dans nos travaux; elle ne fait pas partie de la famille des Solanacées mais, suite à l'observation d'oeufs de doryphores sur quelques plants en nature, nous avons décidé de l'intégrer à cette étude.

Hsiao et Fraenkel (1968) avaient obtenu de bons résultats avec cette essence en Illinois.

La croissance des larves a été suivie jusqu'à la forme adulte, les différentes feuilles étant changées au besoin et de l'eau ajoutée lorsque nécessaire. La nymphose s'effectuait à l'intérieur des Pétris, de la sciure de bois y étant ajoutée permettant ainsi l'enfouissement des individus. Les adultes nouvellement émergés ont été gardés sur leur essence spécifique durant environ dix jours.

Les taux de mortalité furent enregistrés à raison de deux observations par jour soit à 9h et 16h. L'identification des différents stades larvaires s'est effectuée à l'aide du pronotum thoracique et la couleur orange claire acquise par la larve fraîchement sortie de chacune de ses exuvies permet de conclure au changement de stade. Les larves qui se nourrissaient sur des feuilles de pommes de terre ont été utilisées comme témoins.

Les analyses statistiques ont été effectuées en utilisant le logiciel SPSS. Les moyennes des taux de mortalité des différents stades de croissance du doryphore, en fonction des cinq essences végétales, ont été comparées par une analyse de variance (ONEWAY) suivie d'un test de comparaison multiple, le Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ) (Scherrer 1984). Les distributions de mortalité des différentes tables de vie obtenues ont été comparées par une analyse de type SURVIVAL, qui utilise pour ce type de comparaison le test de Wilcoxon (Gehan) qui se sert d'un score U, calculé en comparant le temps de survie individuel de chaque insecte avec celui des autres individus (Hull et Nie 1981).

## Résultats

Les tables de vie de *L. decemlineata* sont consignées aux Tableaux 1 et 2. Des données relatives aux doryphores élevés sur la pomme de terre, on peut noter que la mortalité apparaît plus manifeste aux premier et quatrième stades larvaires, marqués par des mortalités identiques, alors que pour les autres stades, la mortalité variait de un à quatre individus. Ainsi, des 46 individus de départ, 18 ont atteint le stade adulte, soit une mortalité de 60,9%. Aussi, 2 adultes sur ces 18 sont morts au cours des dix jours suivant leur émergence.

La comparaison de ces données avec celles obtenues pour des doryphores se nourrissant sur l'aubergine, montre que la plus forte mortalité ne survient pas durant les mêmes stades. En effet, celle-ci survient durant le deuxième et le quatrième stade larvaire (Tableau 1), avec des pertes de 7 (17,5 %) et 12 individus (38,71 %); celle survenue au premier stade larvaire n'a été que de 3 individus (6,98 %). La mortalité globale enregistrée du premier stade jusqu'à l'adulte apparaît semblable à celle obtenue avec notre témoin. Ainsi, 16 adultes sur 43 individus au départ ont été obtenus, d'où une mortalité de 62,8%. Par contre, aucun adulte n'est mort durant la période de dix jours suivant l'émergence.

Pour la table de vie enregistrée sur le tabac florifère, la plus forte mortalité larvaire est survenue aussi lors des premier et quatrième stades. Le nombre d'individus morts apparaît presque identique à celui du témoin, soit 11 (22,92 %) et 10 individus (35,71 %) respectivement (Tableau 1). La mortalité totale, relative au passage d'un individu du premier stade jusqu'à l'adulte apparaît similaire à celle obtenue sur la pomme de terre avec l'apparition de 17 adultes. Cependant, 4 adultes sont morts durant la période de dix jours



suivant l'éclosion, alors qu'ils étaient toujours maintenus sur le tabac florifère. C'est donc sur cette essence que la plus forte mortalité chez l'adulte a été enregistrée, avec une mortalité de quelque 23 %.

Les trois tables de vie mentionnées précédemment, apparaissent semblables au niveau des pourcentages d'éclosion des adultes (Tableau 3). Ces pourcentages s'établissent à 39,13 % sur la pomme de terre, à 37,21 % sur l'aubergine et à 35,42 % sur le tabac florifère.

Cependant, pour l'asclépiade, on peut constater une table de vie différente des trois premières (Tableau 2). En effet, au cours des premier et deuxième stades larvaires, on note une très forte mortalité, soit 34 individus morts (54,84 %) pour le premier stade et 12 (42,86 %) pour le second. C'est au quatrième stade larvaire que le taux de mortalité est le plus élevé avec 66,67 %. La mortalité globale enregistrée pour le passage du premier stade à l'adulte est ici très forte (93,55 %) car, pour un nombre plus élevé d'individus au départ, soit 62 contre 46 pour notre témoin, nous n'avons obtenu que 4 adultes à la fin du cycle vital. Par contre, aucun de ceux-ci n'est mort durant la période de dix jours suivant l'éclosion.

Les doryphores qui ont été élevés sur la tomate présentaient eux aussi une table de vie très différente des trois premières (Tableau 2). Ainsi, au cours des deux premiers stades larvaires 61 individus (89,71 %) sont morts sur 68 utilisés au départ. Par la suite, aucun adulte n'a été obtenu, les derniers individus étant morts au cours du dernier stade larvaire.

Ces deux dernières tables de vie apparaissent distinctes des trois premières; leurs pourcentages respectifs d'éclosion en adultes sont aussi différents, soit 6,45 % pour l'asclépiade et 0,00 % pour la tomate par rapport à 39,13 % pour notre témoin (Tableau 3).

De plus, afin de vérifier si ces tables de vie sont semblables entre elles relativement aux mortalités qu'elles consignent, une analyse statistique de type SURVIVAL a été effectuée sur le logiciel SPSS (Hull et Nie 1981). De cette analyse, il ressort qu'il n'y a pas de différence significative entre les distributions de mortalités sur la pomme de terre, l'aubergine et le tabac florifère ( $P > 0,05$ ) (Tableau 4). Par contre, il existe une différence significative entre ces distributions et celles enregistrées sur l'asclépiade et la tomate ( $P = 0,0000$ ), ces deux dernières étant elles-mêmes significativement différentes ( $P = 0,0036$ ).

## Discussion

Lors de l'analyse des différentes tables de vie du doryphore, celles enregistrées sur l'aubergine et le tabac florifère s'apparentent beaucoup à celle enregistrée sur l'essence témoin, la pomme de terre. En effet, le nombre d'adultes obtenus à la fin du cycle réalisé sur ces trois essences, est sensiblement le même (Tableau 1). De plus, la mortalité enregistrée sur l'aubergine et le tabac florifère n'est pas significativement différente ( $P > 0,05$ ) de celle obtenue sur la pomme de terre (Tableau 4).

L'émergence des adultes semble se réaliser avec le même succès sur ces trois essences (Tableau 3). Cependant, il est connu que les pourcentages d'émergence peuvent varier de façon appréciable d'une région à l'autre. Ainsi, Hsiao (1978) rapportait que le pourcentage d'émergence des adultes sur *S. tuberosum* était de 65,4 % pour une population de doryphores provenant de l'Utah, de 53,0 % pour une de l'Arizona et de 41,4 % pour celles du Nouveau Mexique et du Texas. Cependant, ces valeurs proviennent d'expériences réalisées sur des plants entiers, contrairement à la nôtre où seulement des feuilles ont été utilisées. Ainsi, l'obtention d'un plus faible taux d'émergence sur la pomme de terre pourrait être, comme le rapportent Smith et Wilson (1995) partiellement attribuable au stress des manipulations lors du changement du feuillage et à un environnement physique différent.

Par ailleurs, le pourcentage d'émergence des adultes sur l'aubergine a été de 37,21 % au cours de nos travaux, comparativement à 32,8 % pour la population de l'Utah, 28,9 % pour celle de l'Arizona, 14,6 % pour celle du Nouveau Mexique et 26,8 % pour celle du Texas (Hsiao 1978). Contrairement à une plus faible émergence des adultes sur la pomme de terre, celle-ci apparaît nettement plus forte sur l'aubergine. Il en est de même, pour le tabac

florifère, où l'émergence des adultes atteint 35,42 %, par rapport à une valeur de 14,0 % enregistrée sur des plants entiers pour une autre population de doryphores d'origine québécoise (Duchesne et Parent 1991).

Ainsi, le taux de survie enregistré sur le tabac florifère apparaît plus élevé que celui obtenu par Duchesne et Parent (1991), cette étude étant la seule qui rapporte l'utilisation du tabac florifère comme hôte du doryphore. Comme le taux de survie sur la pomme de terre enregistré par ces auteurs était de 66,7 %, cela pourrait signifier que les doryphores utilisés dans notre étude sont mieux adaptés au tabac florifère que les autres populations même si les expériences ont été effectuées sur des plants entiers. Des tests complémentaires utilisant des plants entiers, devraient confirmer qu'avec 65 % d'émergence des adultes sur la pomme de terre, il pourrait y avoir environ 60 % d'émergence sur l'aubergine et le tabac florifère.

Les tables de vie enregistrées sur l'asclépiade et la tomate sont par contre très différentes de celle obtenue sur la pomme de terre (Tableaux 1 et 2). En effet, moins de 7 % des individus maintenus sur l'asclépiade ont réussi à compléter l'ensemble de leur cycle de développement et aucun n'a réussi à le réaliser complètement sur la tomate, contrairement à plus de 34 % sur le témoin. Le développement des individus n'est donc pas très élevé pour ceux qui se nourrissent sur ces deux dernières essences.

De plus, le plant de tomate semble moins apte à assurer le développement d'une génération de doryphores que celui de l'asclépiade. Cependant, la survie plutôt faible des individus élevés sur la tomate ne constitue pas un résultat inattendu, la tomate étant un hôte relativement pauvre pour le doryphore comparativement à la pomme de terre et à quelques autres espèces de *Solanum* (Sorenson et al. 1989).

Par contre, cette capacité du doryphore à utiliser la tomate comme hôte varie parmi les différentes populations géographiques du doryphore. Ainsi, Kennedy et Farrar (1987) ont démontré qu'une population provenant d'individus de Long Island, N.Y., subissaient 95% de mortalité lorsque élevée sur la tomate cultivée, comparativement à 54% pour une population de Caroline du Nord élevée sur la même essence.

La très forte mortalité que nous avons obtenue pour les larves alimentées sur les feuilles de tomate (Tableau 2), pourrait possiblement s'expliquer par le fait que la souche de doryphores utilisée n'a probablement jamais été un ravageur de culture de tomate. Ainsi, la tomatine que cette dernière contient pourrait ne pas lui convenir et l'alimentation immédiate des larves ne serait pas induite à cause de la présence possible de substances inhibitrices ou d'un manque de stimuli alimentaires (Hsiao et Fraenkel 1968).

Donc, l'asclépiade qui n'est pas un hôte potentiel pour le doryphore, apparaît plus favorable à son développement que ne l'est la tomate, même si celle-ci fait partie de la famille des Solanaceae, hôtes potentiels du doryphore. Hsiao et Fraenkel (1968) ont obtenu de très bons résultats avec cette plante, l'émergence des adultes, sur des plants entiers atteignant 71,9 % contre 71,1 % pour la pomme de terre. Compte tenu que nous avons obtenu qu'un pourcentage d'émergence de 6,45 % comparativement à 39,13 % pour la pomme de terre, il pourrait s'avérer que notre population de doryphores n'est pas aussi bien adaptée à l'asclépiade que celle utilisée par Hsiao et Fraenkel (1968) en Illinois. La forte mortalité obtenue sur ce feuillage lors de nos travaux pourrait être liée à la présence, dans les plants de substances répulsives ou dissuasives inhibant l'alimentation des larves, ou de substances toxiques compte tenu que cette essence n'est pas encore considérée comme un hôte alternatif pour le doryphore (Hsiao et Fraenkel 1968).

Il est cependant surprenant de constater comment la variation géographique peut influencer l'utilisation des plantes hôtes. Ainsi, malgré le fait que l'asclépiade occasionne de fortes mortalités, elle permet quand même à certaines larves de réaliser leur transformation vers le stade nymphal. C'est donc une plante qui pourrait éventuellement jouer un certain rôle dans la distribution et l'expansion du doryphore, étant donné sa grande répartition, son abondance et une possible monoculture de l'asclépiade (Gerhardt 1929; Prince 1995) pour les projets d'utilisation de ses fibres.

Finalement, l'essence utilisée qui s'avère la plus compromettante pour le développement du doryphore est la tomate, ce qui n'est pas nécessairement le cas pour les doryphores provenant d'autres régions, telle la Caroline du Nord où ceux-ci paraissent bien adaptés à vivre sur cette essence (Kennedy et Farrar 1987). Lors de tests de sélection impliquant des plants de tomates, les doryphores semblent les ignorer complètement préférant le tabac florifère (Duchesne et Parent 1991). Ainsi, ce dernier avec une augmentation de son utilisation comme plante ornementale, pourrait facilement accentuer la survie et la distribution de l'insecte à cause de son grand potentiel comme hôte alternatif.

## **Remerciements**

Cette recherche a été subventionnée grâce au Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche du Gouvernement du Québec (FCAR). Nous remercions Mme Karine Bernier qui a participé aux prises de données et à la récolte des différents feuillages. Nous remercions également le Dr Antoine Aubin de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour ses conseils relatifs aux analyses statistiques.

## Références

- Boiteau, G., et A. Alford. 1983. Synchronization of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence by temporary storage of eggs at low temperature. *The Canadian Entomologist* **115**: 233-234.
- Boiteau, G., et J.-P.R. Le Blanc. 1992. Stades du cycle vital du doryhpore de la pomme de terre. Ministre des Approvisionnement et Services Canada, Production du Service aux programmes de recherches. Agriculture Canada Publication, Ottawa. 14 pp.
- Brust, G.E. 1994. Natural enemies in straw-mulch reduce Colorado potato beetle populations and damage in potato. *Biological Control* **4**: 163-169.
- Duchesne, R.-M., et J.-G. Parent. 1991. The flowering tobacco as a new alternative host for the Colorado potato beetle. *American Potato Journal* **68**: 743-750.
- Gerhardt, F. 1929. Propagation and food translocation in the common milkweed. *Journal of Agricultural Research* **39** (11): 837-851.
- Hare, J.D. 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annual Review of Entomology* **35**: 81-100.
- Horton, D.R., et J.L. Capinera. 1990. Host utilization by Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in a Potato/Weed (*Solanum Sarrachoides* Sendt.) System. *The Cannadian Entomologist* **122**: 113-121.



- Hough-Goldstein, J.A., et J. Whalen. 1993. Inundative release of predatory stink bugs for control of Colorado potato beetle. *Biological Control* **3**: 343-347.
- Hough-Goldstein, J.A., G.E. Heimpel, H.E. Bechmann, et C.E. Mason. 1993. Arthropod natural enemies of the Colorado potato beetle. *Crop Protection* **12** (5): 324-334.
- Hsiao, T.H., 1978. Host plant adaptations among geographic populations of the Colorado potato beetle. *Entomologia experimentalis et applicata* **24**: 437-447.
- Hsiao, T.H., et G. Fraenkel. 1968. Selection and specificity of the Colorado potato beetle for Solanaceous and Nonsolanaceous plants. *Annals of the Entomological Society of America* **61** (2): 493-503.
- Hull, C.H., et N.H. Nie. (Eds.) 1981. SPSS UP DATE 7-9: New procedures and facilities for releases 7-9. McGraw-hill, New-York, NY. 402 pp.
- Hunt, D.W.A., A. Liptay, et C.F. Drury. 1994. Nitrogen supply during production of tomato transplants affects preference by Colorado potato beetle. *HortScience* **29** (11): 1326-1328.
- Jayanth, K.P., et G. Bali. 1994. Life table of the parthenium beetle, *Zygogramma bicolorata* Pallister (Coleoptera: Chrysomelidae) in Bangalore, India. *Insect Science Applied* **15** (1): 19-23.
- Kennedy, G.G., et R.R.Jr. Farrar. 1987. Response of insecticide-resistant and susceptible Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* to 2-tridecanone and resistant tomato foliage: the absence of cross resistance. *Entomologia experimentalis et applicata* **45**: 187-192.

- Lu, W., et P. Logan. 1993. Induction of feeding on potato in Mexican *Leptinotarsa decemlineata* ( Coleoptera: Chrysomelidae ). *Environmental Entomology* **22** (4): 759-765.
- Lu, W., et P. Logan. 1994. Genetic variation in oviposition between and within populations of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of the Entomological Society of America* **87** (5): 634-640.
- Prince, R.D. et D.L. Benoit. 1995. Variations interpopulations de la longueur des aigrettes et des caractéristiques des follicules de l'asclépiade commune. *Canadian Journal of Plant Science* **75**: 727-730.
- Sanford, L.L., et W.W. Cantelo. 1989. Larval development rate and mortality of Colorado potato beetle on detached leaves of wild *Solanum* species. *American Potato Journal* **66**: 575-582.
- Scherrer, B. 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin Ed., Boucherville, Canada, 850 pp.
- Smith, C.S., et C.G. Wilson. 1995. Effect of an artificial diet on *Carmenta mimosa* Eichlin and Passoa (Lepidoptera: Sesiidae), a biological control agent for *Mimosa pigra* L. in Australia. *Journal of Australian entomological Society* **34**: 219-220.
- Sorenson, C.E., R.L. Fery, et G.G. Kennedy. 1989. Relationship between Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and Tobacco Hornworm (Lepidoptera: Sphingidae) resistance in *Lycopersicon hirsutum* f. *glabratum* . *Journal of Economic Entomology* **82** (6): 1743-1748.

- Tamaki, G., R.L. Chauvin, et T. Hsiao. 1982. Rearing *Doryphorophaga doryphorae*, a tachinid parasite of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. USDA, ARS Advances in Agricultural Technology, Western Series, No. 21.
- Weber, D.C., F.A. Drummond, et D.N. Ferro. 1995. Recruitment of Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) to Solanaceous hosts in the field. *Environmental Entomology* **24** (3): 608-622.

**Tableau 1.** Tables de vie pour *Leptinotarsa decemlineata* alimentée sur différentes essences végétales.

	<i>S. tuberosum</i>				<i>S. melongena</i>				<i>N. alata</i>			
x	lx	dx	100qx	Sx	lx	dx	100qx	Sx	lx	dx	100qx	Sx
Stade I	46	10	21,74	0,78	43	3	6,98	0,93	48	11	22,92	0,77
Stade II	36	3	8,33	0,92	40	7	17,50	0,82	37	6	16,22	0,84
Stade III	33	4	12,12	0,88	33	2	6,06	0,94	31	3	9,68	0,90
Stade IV	29	10	34,48	0,65	31	12	38,71	0,61	28	10	35,71	0,64
Nymphe	19	1	5,26	0,95	19	3	15,79	0,84	18	1	5,56	0,94
Adulte	18	2	11,11	0,89	16	0	0,00	1,00	17	4	23,53	0,76

x= Stade

lx= Individus vivant au début du stade x

dx= Individus mourant durant le stade x

100qx= Taux de mortalité (%)

Sx= Taux de survie

**Tableau 2.** Tables de vie pour *Leptinotarsa decemlineata* alimentée sur différentes essences végétales.

x	A. syriaca				L. esculentum			
	lx	dx	100qx	Sx	lx	dx	100qx	Sx
Stade I	62	34	54,84	0,45	68	53	77,94	0,22
Stade II	28	12	42,86	0,57	15	8	53,33	0,47
Stade III	16	4	25,00	0,75	7	2	28,57	0,71
Stade IV	12	8	66,67	0,33	5	5	100	0,00
Nymphe	4	0	0,00	1,00	0	-	-	-
Adulte	4	0	0,00	1,00	-	-	-	-

x= Stade

lx= Individus vivant au début du stade x

dx= Individus mourant durant le stade x

100qx= Taux de mortalité (%)

Sx= Taux de survie

**Tableau 3.** Pourcentages d'émergence des adultes de *Leptinotarsa decemlineata* sur les essences végétales retenues.

Essences hôtes	Pourcentages d'émergence
<i>Solanum tuberosum</i>	39,13
<i>Solanum melongena</i>	37,21
<i>Nicotiana glauca</i>	35,42
<i>Asclepias syriaca</i>	6,45
<i>Lycopersicon esculentum</i>	0,00

**Tableau 4.** Analyse des distributions de mortalité des tables de vie de *Leptinotarsa decemlineata* alimentée sur les essences végétales retenues.

	<i>S. tuberosum</i>	<i>S. melongena</i>	<i>N. alata</i>	<i>A. syriaca</i>	<i>L. esculentum</i>
<b><i>S. tuberosum</i></b>	-				
<b><i>S. melongena</i></b>	0,60 ( ,4394)a	-			
<b><i>N. alata</i></b>	0,36 ( ,5472)a	2,04 ( ,1528)a	-		
<b><i>A. syriaca</i></b>	22,40 ( ,0000)	34,80 ( ,0000)	18,99 ( ,0000)	-	
<b><i>L. esculentum</i></b>	46,02 ( ,0000)	63,07 ( ,0000)	43,23 ( ,0000)	8,48 ( ,0036)	-

Les valeurs du test de Survival ( $P>0,05$ ), suivies par une même lettre ne sont pas significativement différentes.

### CHAPITRE 3

#### COMPARAISON DES TAUX DE CONSOMMATION ET DES TEMPS DE DÉVELOPPEMENT ENREGISTRÉS SUR DIFFÉRENTES ESSENCES VÉGÉTALES AU COURS DE CHACUN DES STADES DU DORYPHORE, *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY, (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE).

##### Résumé

Le doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), est l'insecte défoliateur le plus destructif de la pomme de terre, *Solanum tuberosum*. Cependant, parmi les populations d'Amérique du Nord, il existe des différences héréditaires dans la capacité des larves à se développer sur des essences végétales variées. Notre étude a été effectuée afin de déterminer, sur une population de doryphores du Québec, les niveaux d'acceptation et les préférences de consommation des larves et des adultes sur quelques essences végétales. Ces dernières sont la pomme de terre, *Solanum tuberosum*, l'aubergine, *S. melongena*, la tomate, *Lycopersicon esculentum*, le tabac florifère, *Nicotiana glauca*, et l'asclépiade, *Asclepias syriaca*. Les larves ont consommé plus de feuilles d'aubergine que de pomme de terre. Cependant, les adultes ont montré une tendance à consommer de plus grandes quantités de feuilles de pomme de terre. De plus, les temps de développement larvaire paraissent influencés par la nature des différentes essences végétales. Ainsi, les temps de développement larvaire cumulatif sont plus longs sur le tabac florifère et l'asclépiade, comparativement à ceux enregistrés sur la pomme de terre et l'aubergine. Malgré la similarité des temps de développement des larves sur la pomme de terre et l'aubergine, l'intensité d'alimentation s'avère plus



prononcée et plus soutenue sur l'aubergine. Pour leur part, les nymphes ont enregistré un temps de développement similaire sur les quatre essences végétales. Finalement, il y a une forte mortalité des larves alimentées sur l'asclépiade et la tomate. Le tabac florifère s'avère être un hôte alternatif convenable, pouvant facilement favoriser la survie et la distribution du doryphore.

## Introduction

Le doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), est l'insecte défoliateur le plus important de la pomme de terre, *Solanum tuberosum* L. (French et al. 1993). Il se distribue aujourd'hui d'Amérique centrale au Canada et de l'ouest de l'Europe à la Chine (Boiteau et al. 1994), et il peut complètement défolier un champs de pommes de terre en quelques jours (Brust 1994).

Le statut de ravageur qu'on lui attribue a grandement évolué depuis l'apparition chez lui d'une résistance aux insecticides, ainsi que d'une plantation accrue de monocultures de pommes de terre, ce qui favorise l'augmentation des populations d'années en années (Lee et al. 1994). Ainsi, les programmes actuels de gestion des populations de doryphores doivent passer par une meilleure connaissance de leur dynamique, ainsi que de leurs interactions avec diverses essences hôtes (Logan et al. 1985).

En conditions naturelles, les hôtes du doryphore sont généralement limités à des espèces de la famille des Solanacées, principalement du genre *Solanum* ; en laboratoire, des espèces de quelques autres familles peuvent être acceptées par le doryphore (Hsiao & Fraenkel 1968). Ainsi, les cultures commerciales attaquées par le doryphore incluent la pomme de terre, *S. tuberosum*, l'aubergine, *S. melongena* L., et la tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. (Hsiao 1978; Hare 1990; Mahdavi et al. 1991; Felton et al. 1992; Hunt et al. 1994).

Cependant, pour quelques populations de doryphores d'Amérique du Nord, Hsiao (1981) et Hare & Kennedy (1986) ont montré des différences héréditaires dans la capacité des larves à se développer sur différentes espèces de *Solanum* (Weber et al. 1995). De plus, Riley rapportait en 1877

que les populations du sud du Texas, de l'Arizona, du Nouveau Mexique, et du Mexique ne se nourrissaient pas sur la pomme de terre (Lu & Logan 1993). En effet, les doryphores de l'Arizona sont adaptés uniquement à *Solanum elaeagnifolium* Cav., un hôte peu approprié pour la plupart des autres populations de doryphores; aussi, il est connu que quelques populations du nord-est des États-Unis se sont adaptées à la tomate, un hôte inhabituel pour les autres populations (Lu & Logan 1993).

En conséquence, bien que plusieurs chercheurs aient mesuré les temps de développement et les taux de consommation du doryphore sur différentes essences végétales en conditions contrôlées, notre étude a été effectuée afin de vérifier dans quelle mesure les taux de développement peuvent varier chez des populations de régions plus nordiques tel le Québec.

Les objectifs spécifiques de nos travaux ont été de;

- 1°) déterminer si l'acceptation ou le rejet, de différentes essences hôtes au cours des premières 24 heures de développement, peuvent occasionner différents taux de mortalité;
- 2) vérifier si la consommation totale des larves et leur temps de développement varient en fonction des différentes essences hôtes;
- 3) déterminer si les larves et les adultes du doryphore ont les mêmes préférences de consommation sur différentes essences végétales.

## Matériel et Méthodes

**Insectes.** Des larves et des adultes de doryphores ont été récoltés, à l'été 1993, dans des champs de pommes de terre, n'ayant pas été traités aux insecticides et situés dans la région de Trois-Rivières, Québec. Les insectes ont été élevés sous conditions constantes de laboratoire et soumis à un régime alimentaire constitué de plants de pommes de terre cultivés en pots. D'autres individus récoltés en champs, ont été occasionnellement ajoutés afin de soutenir cet élevage. Les insectes furent maintenus en cage (30x30x70 cm) sous une température de 25°C et à une photopériode de 16:8 à partir d'un éclairage combinant fluorescents à lumière blanche et ampoules incandescentes.

Les oeufs de doryphores obtenus de l'élevage, ont été gardés jusqu'à leur éclosion dans des Pétris renfermant un papier filtre humidifié. Cet isolement était nécessaire afin d'éviter le cannibalisme fréquent chez cette espèce (Tamaki et al. 1982). Les larves obtenues furent remises sur des plants de pommes de terre, la nymphose s'effectuant alors par l'enfouissement des larves dans la terre. Par la suite, les adultes nouvellement émergés étaient retournés sur des plants frais pour permettre l'accouplement et l'oviposition, assurant ainsi un élevage continu.

Pour que les oeufs de doryphores éclosent de façon synchrone lors de l'expérimentation, il a fallu les placer (6 heures ou plus après leur ponte) sous une température de 10°C pour retarder l'éclosion. Ils ne peuvent être maintenus à cette température plus de douze jours, leur taux d'éclosion diminuant de  $60,0 \pm 2,6$  % à  $3,8 \pm 1,9$  % après ce laps de temps (Boiteau et Alford 1983). Les pontes sont ensuite exposées à 24°C, ce qui entraîne une

éclosion d'au moins 80 % des oeufs dans les quatre jours suivants. La photophase utilisée était de 17,5 heures.

**Essences végétales.** Les différentes essences végétales retenues étaient la pomme de terre, *Solanum tuberosum* (var. Chieftain), l'aubergine, *Solanum melongena* (var. Black Beauty), la tomate, *Lycopersicon esculentum*, le tabac florifère, *Nicotiana glauca* Link & Otto. Cette dernière étant la première espèce de *Nicotiana* reconnue comme ayant un potentiel d'hôte alternatif pour le doryphore, elle pourrait donc, selon Duchesne et Parent (1991) faciliter la survie et la dispersion de l'insecte. L'asclépiade, *Asclepias syriaca* L., même si elle ne fait pas partie de la famille des Solanacées, a aussi été retenue. Nous avons décidé de l'intégrer à cette étude, suite à l'observation d'oeufs de doryphores sur quelques plants en nature, et au fait que Hsiao et Fraenkel (1968) avaient obtenus de bons résultats avec cette espèce en Illinois.

Comme des feuilles fraîches étaient requises dans les expérimentations, les plants de pommes de terre, d'aubergines et de tomates ont été cultivés en laboratoire. Un fertilisant (20:20:20 NPK) était appliqué au besoin et les insectes nuisibles contrôlés par pulvérisation d'un savon insecticide (Safer's, Insecticide pour pucerons et aleurodes, Safer Ltd., Scarborough, Ont.); celui-ci n'influence pas les larves utilisées, car les plants portant les masses d'oeufs n'étaient jamais traités.

Pour leur part, les feuilles de tabac florifère et d'asclépiade ont été récoltées sur le campus universitaire et entreposées à 4°C. Les feuilles des autres plants ont aussi été traitées de cette façon, pour éviter toute influence possible de l'entreposage au froid lors de la comparaison entre les différents feuillages.

**Expérimentations.** Cantelo et al. (1987) ont vérifié trois variables liées au comportement d'alimentation et de développement du doryphore. Il s'agit de: 1) la consommation de feuillage des adultes sur des disques de feuilles; 2) le gain de poids des larves de quatrième stade sur des feuilles détachées; 3) les taux de développement et de mortalité de larves néonates sur des feuilles détachées sur une période de quatre jours. Ils ont constaté que la mesure des taux de développement et de mortalité des larves néonates étaient les variables les plus sensibles (Sanford et Cantelo 1989). C'est de cette façon que nous avons procédé, mais en prolongeant les vérifications jusqu'au stade adulte. Il a ainsi été possible d'enregistrer tout le développement d'une génération et la variabilité des taux de consommation des divers stades.

Ainsi, de 20 à 26 jeunes larves ont été exposées à chacune des essences végétales. Afin de leur permettre de compléter la consommation de l'enveloppe de leurs oeufs, les larves utilisées dans les travaux devaient être issues des oeufs depuis au moins 24 heures. Elles étaient ensuite déposées à l'aide d'un petit pinceau dans des Pétris (90x15 mm) identifiés individuellement. Ceux-ci contenaient un papier filtre humide et une feuille de l'essence végétale retenue pour l'expérience. Pour réduire la condensation et augmenter l'aération, le couvercle des Pétris était partiellement grillagé. Une seule larve fut déposée par Pétri.

Les Pétris ont été portés dans une chambre de croissance (Convion<sup>®</sup>, Modèle No. I23L) sous une température de  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ , une humidité de 70 à 80% et une photopériode de 16:8; la luminosité était assurée par des fluorescents à lumière blanche et à large spectre (Gro & Sho, General Electric Canada).

La croissance des individus fut suivie jusqu'au stade adulte. Les feuilles ont été changées au besoin et de l'eau ajoutée lorsque nécessaire. La nymphose s'effectuait dans de la sciure de bois déposée à l'intérieur des Pétris. Les adultes nouvellement émergés étaient gardés sur leurs essences respectives durant environ dix jours. Les adultes furent pesés quotidiennement à 0,0001 mg près, avec une balance analytique (Mettler Toledo, AB204), en tenant compte du sexe et de l'essence concernée.

Les temps de développement, en heures d'un stade à l'autre, furent enregistrés à raison de deux observations par jour, soit à 9h et 16h. La nuit, pour sa part, a été divisée en deux périodes: si une larve changeait de stade durant la nuit, la moitié de celle-ci en heures, était ajoutée à son temps pour passer d'un stade à l'autre. L'identification des différents stades larvaires s'est effectuée à l'aide du pronotum thoracique. De plus, entre chaque stade une mue se produit, la larve perd son exuvie et devient de couleur orange clair, ce qui permet de conclure au changement de stade. Les taux de consommation, enregistrés durant ces mêmes observations, étaient mesurés par le pourcentage de feuillage consommé (1 feuille moyenne = 100 %), les surfaces des feuillages utilisés étant considérées également par un observateur unique, qui notait une consommation de feuillage de 10 % lorsque environ 1 cm<sup>2</sup> de feuillage était consommé. L'intensité d'alimentation, pour sa part, était mesurée en divisant les taux d'alimentation cumulatifs de chaque stade par leurs temps de développement cumulatifs. Les larves qui se nourrissaient de feuilles de pommes de terre étaient utilisées comme témoins et deux réplicats ont été effectués.

**Analyses statistiques.** Les analyses statistiques ont été faites en utilisant le logiciel SPSS. La normalité a été vérifiée par un test de Kolmogorov-Smirnov et l'homogénéité des variances par un test de Levene.

Comme la normalité et l'homogénéité des distributions n'étaient pas respectées, les données ont été transformées, ce qui n'a cependant pas amélioré les résultats des tests. Des tests non-paramétriques de comparaison d'échantillons ont donc été utilisés (Scherrer 1984). Ainsi le test de Kruskal-Wallis a été retenu afin de comparer le taux de consommation entre les différents stades, et entre les différentes essences végétales pour un même stade. Les résultats étant similaires à ceux obtenus par l'analyse de variance (ONEWAY), nous avons effectué un test de comparaison multiple, le Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ), afin de savoir lesquels étaient significativement différents. La même approche a été retenue pour comparer le temps de développement des différents stades larvaires d'une essence végétale à l'autre. Finalement, l'analyse de la variation du poids des adultes a été effectuée à l'aide d'un test de régression multiple.



## Résultats

**Les proportions de consommation.** La consommation totale des larves de doryphores varie avec la nature des différents hôtes; cependant, la proportion de feuillage consommé par stade apparaît relativement constante pour l'ensemble des essences hôtes (Hare 1990). Ainsi, comme on peut le constater au Tableau 1, les larves du premier stade devraient être responsables, selon Tamaki et Butt (1978), d'approximativement 3 % de la consommation totale de feuilles, celles du second de 5 %, celles du troisième de 15 %, alors que 77 % de toute la consommation devaient survenir durant le quatrième stade larvaire.

La proportion de consommation obtenue pour le premier stade larvaire alimenté sur la pomme de terre est de 4,66%, ce qui est légèrement supérieur à la consommation prévue de 3% (Tableau 1). La consommation des autres essences diffère peu de celle obtenue sur notre témoin, avec une variation allant de 4,04% sur l'asclépiade à 4,82% sur le tabac florifère. La consommation réalisée au cours du deuxième stade larvaire se situe entre 4,82% sur l'asclépiade et 5,71% sur l'aubergine et ce, pour une consommation attendue de 5%. Ainsi, le premier et le deuxième stade larvaire semblent offrir peu de variabilité par rapport à la valeur attendue de consommation.

Par contre, la consommation par les larves de troisième stade a été plus variable, avec des valeurs variant de 13,76% sur l'aubergine à 20,70% sur l'asclépiade, alors que la proportion prévue était de 15% (Tableau 1) . De plus, la proportion de feuillage consommé au quatrième stade est demeurée inférieure à celle prévue, la plus élevée étant de 75,85% sur l'aubergine, alors que la consommation attendue était de 77%.

Néanmoins, les valeurs de consommation obtenues lors de notre expérience, demeurent voisines de celles généralement attendues pour les différents stades larvaires. Notre étude paraît donc refléter assez bien ce que l'on est en droit de s'attendre comme consommation par le doryphore sous des conditions favorables.

**Les taux de consommation.** Les larves des premier, troisième et quatrième stades, ont montré une tendance à consommer significativement plus de feuilles d'aubergine que de pomme de terre (Fig. 1). Ces larves ont consommé en moyenne  $0,118 \pm 0,047$  feuille,  $0,359 \pm 0,194$  feuille et  $1,921 \pm 0,370$  feuilles (1 feuille moyenne = 100%) sur la pomme de terre, par rapport à  $0,156 \pm 0,079$  feuille,  $0,461 \pm 0,173$  feuille et  $2,542 \pm 0,534$  feuilles sur l'aubergine. Par contre, pour les larves du deuxième stade, il n'y avait aucune différence significative des taux de consommation entre les diverses essences végétales. De même, les quantités consommées au cours des trois premiers stades pour les larves alimentées sur la tomate, ne sont pas significativement différents de celles obtenues sur les autres essences végétales, à cause d'une très grande variabilité individuelle.

De même, la consommation larvaire cumulative démontre que ce sont les feuilles de pomme de terre qui ont été consommées en quantité moindre, celle-ci étant même moins recherchée ( $0,617$  feuille) que celles de la tomate ( $0,877$  feuille) une fois l'insecte rendu au troisième stade larvaire (Fig. 2). De plus, pour l'ensemble du cycle larvaire, le feuillage le plus consommé a été celui de l'aubergine avec  $3,351$  feuilles, alors que le tabac florifère ( $2,950$  feuilles) et l'asclépiade ( $2,697$  feuilles) enregistraient des taux de consommation intermédiaires par rapport à la pomme de terre ( $2,538$  feuilles).

Par ailleurs, pour les adultes, le taux de consommation enregistré sur une période de dix jours, a été le même et ce, de façon significative pour les insectes élevés sur la pomme de terre (3,706 feuilles) et l'aubergine (3,625 feuilles) (Fig. 3). De plus, les taux enregistrés sur le tabac florifère (2,520 feuilles) et l'asclépiade (2,325 feuilles) sont aussi significativement les mêmes. Cependant, les adultes ont montré une tendance à consommer, en plus grande quantité, les feuilles de pomme de terre, plutôt que celles des autres essences, contrairement à ce que nous avons observé chez les larves.

**Les temps de développement.** Les temps de développement larvaire paraissent aussi influencés par la nature des différentes essences végétales (Fig. 4). Sauf exception pour le quatrième stade larvaire, où il n'y a aucune différence significative entre les temps de développement, des valeurs significativement différentes ont été observées pour les larves des premier, deuxième et troisième stades de la pomme de terre et celles se nourrissant sur le tabac florifère. Ces temps sont plus longs sur le tabac florifère, les larves des premier, deuxième et troisième stades ayant pris respectivement  $92,16 \pm 26,7$  hres,  $69,65 \pm 22,23$  hres et  $79,77 \pm 19,55$  hres. Par contre, celles se nourrissant sur la pomme de terre ont réussi à changer de stade à l'intérieur de  $75,20 \pm 16,97$  hres,  $54,64 \pm 15,98$  hres et  $60,60 \pm 20,22$  hres. Les temps de développement obtenus sur l'aubergine étaient semblables à ceux obtenus sur la pomme de terre, mais significativement différents de ceux obtenus sur le tabac florifère pour les premier ( $73,85 \pm 17,65$  hres) et troisième ( $66,31 \pm 16,01$  hres) stades larvaires (Fig. 4).

De plus, il existe une grande variabilité des temps de développement des larves au niveau des individus (Fig. 4), particulièrement pour le tabac florifère aux premier et deuxième stades, et pour l'asclépiade, aux troisième et quatrième stades, les plus grands écarts types y étant enregistrés.

Contrairement, à ceux enregistrés sur la pomme de terre et l'aubergine, ce qui démontre une plus grande stabilité dans le développement de l'ensemble des individus sur ces deux essences qui conviennent mieux au doryphore. Donc, il semble que plus le temps de développement est long et plus la variabilité individuelle est grande. Ce qui révèle une possible adaptation progressive chez certains individus à un nouvel hôte.

Il faut cependant noter que les temps de développement larvaire cumulatifs ont été légèrement plus élevés pour les larves alimentées sur l'asclépiade (502,50 hres) et sur le tabac florifère (480,72 hres) par rapport à ceux enregistrés sur les autres essences (Fig. 5). Les temps observés sur la pomme de terre (441,45 hres) et l'aubergine (444,32 hres) étant semblables. Donc, un léger retard dans le développement des larves alimentées sur le tabac florifère et surtout sur l'asclépiade a été enregistré par rapport aux larves alimentées sur la pomme de terre et l'aubergine. Par ailleurs, les larves alimentées sur la tomate ont enregistré un temps de développement larvaire cumulatif se rapprochant plus de ceux enregistrés sur la pomme de terre et l'aubergine, qu'à ceux enregistrés sur le tabac florifère et l'asclépiade (Fig. 5).

Malgré la similarité des temps de développement des larves sur la pomme de terre et l'aubergine, l'intensité d'alimentation s'avère plus prononcée et plus soutenue et ce, de façon significative pour le quatrième stade larvaire sur l'aubergine ( $1,07 \pm 0,22$  %/ h) et sur le tabac florifère ( $0,91 \pm 0,21$  %/ h), par rapport aux intensités obtenues sur la pomme de terre ( $0,81 \pm 0,22$  %/ h) et l'asclépiade ( $0,71 \pm 0,05$  %/ h) (Fig. 6).

Pour sa part, la nymphe a eu un temps de développement semblable sur les quatre essences végétales retenues. Donc, la nature de la nourriture ne semble pas agir sur la période de développement nymphale.

**Le poids des adultes.** De l'analyse du poids des adultes, on ne peut tirer que des tendances, car seulement 35 % de la variation du poids peut s'expliquer par l'ensemble des variables qui sont le sexe, le taux de consommation, les différentes essences végétales et l'âge des adultes. Les femelles avaient tendance à être plus pesantes que les mâles, le sexe expliquant 18 % de la variation du poids. Cette tendance est normalement reconnue, les femelles étant souvent plus grosses que les mâles à cause des oeufs qu'elles développent. Le poids a montré aussi une tendance à être plus élevé avec un taux de consommation plus grand ( $R^2=15\%$ ). Aussi, les adultes avaient tendance à être plus pesants sur la pomme de terre ( $0,125 \pm 0,014$  g) alors que leur poids décroissait respectivement sur le tabac florifère ( $0,107 \pm 0,017$  g), l'aubergine ( $0,094 \pm 0,018$  g), et l'asclépiade ( $0,092 \pm 0,015$  g), les différentes essences expliquant alors 15 % de la variation du poids. Aucune corrélation entre le poids des adultes et leur âge n'a pu être décelée.

**Les taux de mortalité.** Les taux de mortalité présentés à la Figure 7 montrent que les larves alimentées sur les différentes essences végétales n'ont pas un taux de mortalité significativement différent pour les deuxième et quatrième stades larvaires, la nymphe et l'adulte. Cependant, pour les premier et troisième stades larvaires, les taux de mortalité sont nettement inférieurs lorsque les individus s'alimentent sur l'aubergine par rapport à ceux enregistrés lorsqu'ils s'alimentent sur l'asclépiade et la tomate.

## Discussion

La proportion de consommation obtenue lors de notre expérimentation en laboratoire, est comparable à celle généralement attendue pour les différents stades larvaires (Tableau 1). Notre étude semble donc concorder assez bien avec ce qui a généralement été enregistrées par d'autres auteurs utilisant des insectes provenant de régions éloignées du Québec, relativement aux proportions de consommation du doryphore.

Les larves de doryphores ont dû consommer plus de feuilles d'aubergine (3,351 feuilles) que de feuilles de pomme de terre (2,538 feuilles) pour compléter l'ensemble de leur période larvaire (Fig. 1) et ce, pour des temps de développement larvaire cumulatifs semblables, soit 441,45 hres sur la pomme de terre et 444,32 hres sur l'aubergine (Fig. 5). Il apparaît donc que les feuilles de pomme de terre renferment en proportion différente, les éléments nécessaires aux larves pour permettre le passage d'un stade à l'autre. Ainsi, les larves ont dû s'alimenter plus intensément sur l'aubergine pour arriver au même résultat que celles s'alimentant sur la pomme de terre (Fig. 6).

Il serait alors faux de dire que les larves de doryphores préfèrent les plants d'aubergines à ceux de pommes de terre, car leur grande intensité d'alimentation n'est possiblement due qu'à leur besoin à consommer davantage de feuillage pour obtenir les éléments nutritifs nécessaires aux divers changements de stades. Cependant, différents insectes semblent initier souvent des réponses d'alimentation compensatoires à une basse concentration en azote des plants d'alimentation. Ainsi, certains lépidoptères montrent une augmentation de leur consommation totale et de leur taux d'alimentation sur des plants avec des basses concentrations en azote

(Jansson & Smilowitz 1985). On peut donc se demander si le doryphore n'initie pas plutôt une telle réponse de compensation sur les plants d'aubergines.

Quant au taux de consommation des larves s'alimentant sur la tomate (Fig. 1), il n'est pas, significativement différent de celui obtenu sur la pomme de terre; il en va de même pour les temps de développement larvaire. Alors, si certaines larves présentent un taux de consommation et un temps de développement semblables à celles s'alimentant sur la pomme de terre, pourquoi les larves alimentées sur la tomate montrent-elles une si forte mortalité ? (Fig. 7) Barbour & Kennedy (1991) rapportent que les leptines et  $\alpha$ -tomatine, qui sont des alcaloïdes présents dans la tomate, inhibent l'alimentation et la croissance chez le doryphore lorsqu'ils sont procurés aux adultes et aux larves en dehors des plants. Selon ces mêmes auteurs, la réduction de l'alimentation du doryphore lors d'études sur certains hôtes résistants, serait attribuable aux propriétés dissuasives de ces composés; cependant, ces études n'arrivent pas à distinguer clairement entre les effets dissuasifs et les effets de toxicité de l' $\alpha$ -tomatine sur le doryphore. L'alcaloïde  $\alpha$ -tomatine est quand même suggéré être potentiellement toxique et inhibant le développement des oeufs et la croissance des larves de certains insectes (Friedman et al. 1994). Malgré ce fait, le doryphore constitue une peste très sévère de la tomate cultivée dans quelques régions, comme par exemple en Caroline du Nord, où l'insecte est très bien adapté à vivre sur cette essence (Sorenson et al. 1989; Weber et al. 1995).

Ainsi, le feuillage le plus consommé pour l'ensemble du cycle larvaire du doryphore a été celui de l'aubergine (Fig. 2), ceux du tabac florifère et de l'asclépiade ayant procuré des taux de consommation intermédiaires; la

pomme de terre pour sa part semble satisfaire aux exigences des larves avec le plus bas des taux de consommation.

Pour ce qui est des doryphores adultes, ceux-ci ont montré une tendance à consommer plus de feuilles de pomme de terre, que de feuilles des autres essences (Fig. 3), contrairement à ce que nous venons d'observer chez les larves. Cela pourrait être lié aux préférences d'oviposition, favorisant alors la génération suivante. Par exemple, les doryphores de Morelos, au Mexique, sont incapables de pondre des oeufs sans une première alimentation durant la préoviposition, sur les hôtes originaux. De plus, la plupart d'entre eux cessaient de pondre lorsqu'ils étaient éloignés de ces hôtes originaux (Lu & Logan 1995). Ainsi, les préférences d'oviposition et d'alimentation semblent influencer le comportement de sélection et d'utilisation des essences hôtes.

Pour l'asclépiade, Hsiao & Fraenkel (1968) avaient obtenu de très bons résultats comparables à ceux obtenus sur la pomme de terre; soit des pourcentages respectifs d'émergence des adultes de 71,9% et de 71,1%. On s'attendait donc à obtenir un bon succès sur l'asclépiade, même si cette plante n'est pas considérée comme un hôte alternatif pour l'espèce.

Cependant, les larves s'alimentant sur l'asclépiade ont enregistré le plus long des temps de développement (Fig. 5) ainsi qu'un des plus forts taux de mortalité (Fig. 7). D'ailleurs, Sukumar et al. (1991), rapportaient que l'asclépiade ou certaines de ses composantes constituent un larvicide inhibiteur de croissance chez certains insectes. Toutefois, malgré le fait que l'asclépiade occasionne de fortes mortalités, elle permet quand même à certaines larves d'effectuer un développement complet. Mais, le succès de l'expansion sur un nouvel hôte requiert aussi que l'insecte soit capable d'y



pondre (Lu & Logan 1995), ce que, nous avons pu observer lors de la récolte de feuillages. En effet, plusieurs pontes de doryphores ont été trouvées sur des plants d'asclépiades; cette plante pourrait donc venir jouer un rôle important dans la distribution du doryphore, à cause de sa grande répartition et de son abondance, notamment dans le sud du Québec.

Les feuilles de tabac florifère apparaissent, elles aussi, convenables pour soutenir le développement du doryphore et faciliter sa distribution. Cependant, en comparaison avec les larves qui se nourrissent sur les plants de pommes de terre, celles retrouvées sur le tabac florifère montrent un temps de développement plus long (Fig. 4) et un taux de consommation plus élevé (Fig. 2). Contrairement à Duchesne et Parent (1991) qui rapportent un taux de survie de 14,0% sur le tabac florifère comparativement à 66.7% sur la pomme de terre, nous n'avons obtenu aucune différence significative entre les taux de mortalité enregistrés sur ces deux essences (Fig. 7). De plus, dans cette expérience de Duchesne et Parent, les doryphores ont semblé préférer les plants de pommes de terre, mais ont migré sur les plants de tabac florifère une fois les premiers plants complètement défoliés. Par contre, lorsque des plants de tomates étaient procurés aux doryphores, lors de ces tests de sélection, ceux-ci les ont ignoré complètement et ont préféré s'alimenter sur le tabac florifère.

Selon Neal et al. (1991), le fait que la larve néonate s'alimente ou non durant les premières 5 minutes après avoir été placée sur une feuille, est une prédiction liée à la mortalité larvaire à 72 heures. Il en est de même d'un refus de ces larves à s'alimenter durant les premières 24 heures. Nos observations ont montré que les larves ne s'alimentent pas durant les premières 24 heures, lorsque mises en présence de feuilles d'asclépiade, et que plus de 50% de mortalité des larves de premier stade a été enregistré sur cette essence (Fig.

7). De ce fait, une telle prédiction de la mortalité s'avère utile pour déterminer la convenance des plants hôtes pour le doryphore. Cependant, les larves s'alimentant sur la tomate ont consommé au cours des premières 24 heures, et c'est sur cette essence qu'ont été enregistré les plus forts taux de mortalité (Fig. 7). Donc, il faudrait être très prudent lors de l'utilisation de tels résultats, ceux-ci ne reflétant pas nécessairement la réalité; entre autre pour les essences qui possèdent des stimulants alimentaires efficaces, mais qui par la suite occasionnent de fortes mortalités dues à des agents alimentaires toxiques.

Finalement, la population de doryphores étudiée semble bien adaptée à l'aubergine causant probablement des dommages importants, si cette culture venait à prendre beaucoup d'ampleur. On peut aussi constater que la population de doryphores étudiée n'est pas très bien adaptée à la tomate et à l'asclépiade. Quant au tabac florifère, il s'agit de la première espèce de *Nicotiana* considérée comme un hôte alternatif acceptable pour le doryphore (Duchesne & Parent 1991). Selon ces auteurs, les hôtes alternatifs contribuent à l'alimentation du doryphore, principalement à la fin de la saison de croissance des plants de pommes de terre ou dans les régions où ceux-ci sont rares ou non cultivés, prolongeant ainsi la période de reproduction des adultes et facilitant leur survie et dispersion.

## **Remerciements**

Cette recherche a été rendue possible grâce au Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche (FCAR) du gouvernement du Québec. Nous remercions Mme Karine Bernier qui a participé aux prises de données et à la récolte des différents feuillages. Nous remercions également, le Dr Antoine Aubin de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour ses conseils concernant les analyses statistiques.

## Références

- Barbour, J.D. & G.G. Kennedy. 1991.** Role of steroidal glycoalkaloid -tomatine in host-plant resistance of tomato to Colorado potato beetle. *Journal of Chemical Ecology*, 17(5): 989-1005.
- Boiteau, G. & A. Alford. 1983.** Synchronization of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence by temporary storage of eggs at low temperature. *Can. Ent.* 115: 233-234.
- Boiteau, G., G.C.C. Tai & M.E. Drew. 1994.** Genetics and biological fitness of a beige elytral mutant of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Can. J. Zool.* 72: 312-318.
- Brust, G.E. 1994.** Natural enemies in straw-mulch reduce Colorado Potato Beetle populations and damage in potato. *Biological control* 4: 163-169.
- Duchesne, R.-M. & J.-G. Parent. 1991.** The flowering tobacco as a new alternative host for the colorado potato beetle. *American Potato Journal*, 68: 743-750.
- Felton, G.W., J. Workman & S.S. Duffey. 1992.** Avoidance of antinutritive plant defense: role of midgut pH in Colorado potato beetle. *Journal of Chemical Ecology*, 18(4): 571-583.
- Friedman, M., C.E. Levin & G.M. McDonald. 1994.**  $\alpha$ -Tomatine determination in tomatoes by HPLC using pulsed amperometric detection. *J. Agric. Food Chem.* 42: 1959-1964.

**French, II N.M., P. Follet, B.A. Nault & G.G. Kennedy. 1993.**

Colonization of potato fields in eastern North Carolina by Colorado potato beetle. Entomol. exp. appl. 68: 247-256.

**Hare, J.D. 1990.** Ecology and management of the Colorado potato beetle.

Annu. Rev. Entomol. 35: 81-100.

**Hsiao, T.H. 1978.** Host plant adaptations among geographic populations of the Colorado potato beetle. Entomologia experimentalis et applicata 24: 437-447.

**Hsiao, T.H. & G. Fraenkel. 1968.** Selection and specificity of the

Colorado potato beetle for Solanaceous and Nonsolanaceous plants. Annals of the Entomological Society of America. 61(2): 493-503.

**Hunt, D.W.A., A. Liptay & C.F. Drury. 1994.** Nitrogen supply during production of tomato transplants affects preference by Colorado Potato Beetle. HortScience 29(11): 1326-1328.

**Jansson, R.K., & Z. Smilowitz. 1985.** Influence of nitrogen on population parameters of potato insects: abundance, development, and damage of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* ( Coleoptera: Chrysomelidae ). Environ. Entomol. 14: 500-506.

**Lee, R.E Jr., J.P. Costanzo, P.E. Kaufman, M.R. Lee & J.A. Wyman.**

1994. Ice-nucleating active bacteria reduce the cold-hardiness of the freeze-intolerant Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 87(2): 377-381.

**Logan, P.A., R.A. Casagrande, H.H. Faubert & F.A. Drummond.**

1985. Temperature-dependent development and feeding of immature

- Colorado potato beetles, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol. 14: 275-283.
- Lu, W. & P. Logan. 1993.** Induction of feeding on potato in Mexican *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol. 22(4): 759-765.
- Lu, W. & P. Logan. 1995.** Inheritance of host-related feeding and ovipositional behaviors in *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol. 24(2): 278-287.
- Mahdavi, A., K.R. Solomon & J.J. Hubert. 1991.** Effect of Solanaceous hosts on toxicity and synergism of permethrin and fenvalerate in Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae. Environ. Entomol. 20(2):427-432.
- Neal, J.J., R.L. Plaisted & W.M. Tingey. 1991.** Feeding behavior and survival of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), larvae on *Solanum berthaultii* HAWKES et an F<sub>6</sub> *S. tuberosum* L.X *S. berthaultii* hybrid. American Potato Journal 68: 649-658.
- Sanford, L.L. & W.W. Cantelo. 1989.** Larval development rate and mortality of Colorado potato beetle on detached leaves of wild *Solanum* species. American Potato Journal, 66: 575-582.
- Scherrer, B. 1984.** Biostatistique. Gaëtan Morin Ed., Boucherville, Canada, 850 pp.
- Sorenson, C.E., R.L. Fery & G.G. Kennedy. 1989.** Relationship between Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) and Tobacco Hornworm (Lepidoptera: Sphingidae) resistance in

*Lycopersicon hirsutum f. glabratum* . J. Econ. Entomol. 82(6): 1743-1748.

**Sukumar, K., M.J. Perich & L.R. Boobar. 1991.** Botanical derivatives in mosquito control: a review. Journal of the American Mosquito Control Association 7(2): 210-219.

**Tamaki, G., et B.A. Butt. 1978.** Impact of *Perillus bioculatus* on the Colorado potato beetle and plant damage. USDA, Tech. Bull. 1581, 11pp.

**Tamaki, G., R.L. Chauvin, et T. Hslao. 1982.** Rearing *Doryphorophaga doryphorae*, a tachinid parasite of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. USDA, ARS Advances in Agricultural Technology, Western Series, No. 21.

**Weber, D.C., F.A. Drummond & D.N. Ferro. 1995.** Recruitment of Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) to Solanaceous hosts in the field. Environ. Entomol. 24(3): 608-622.

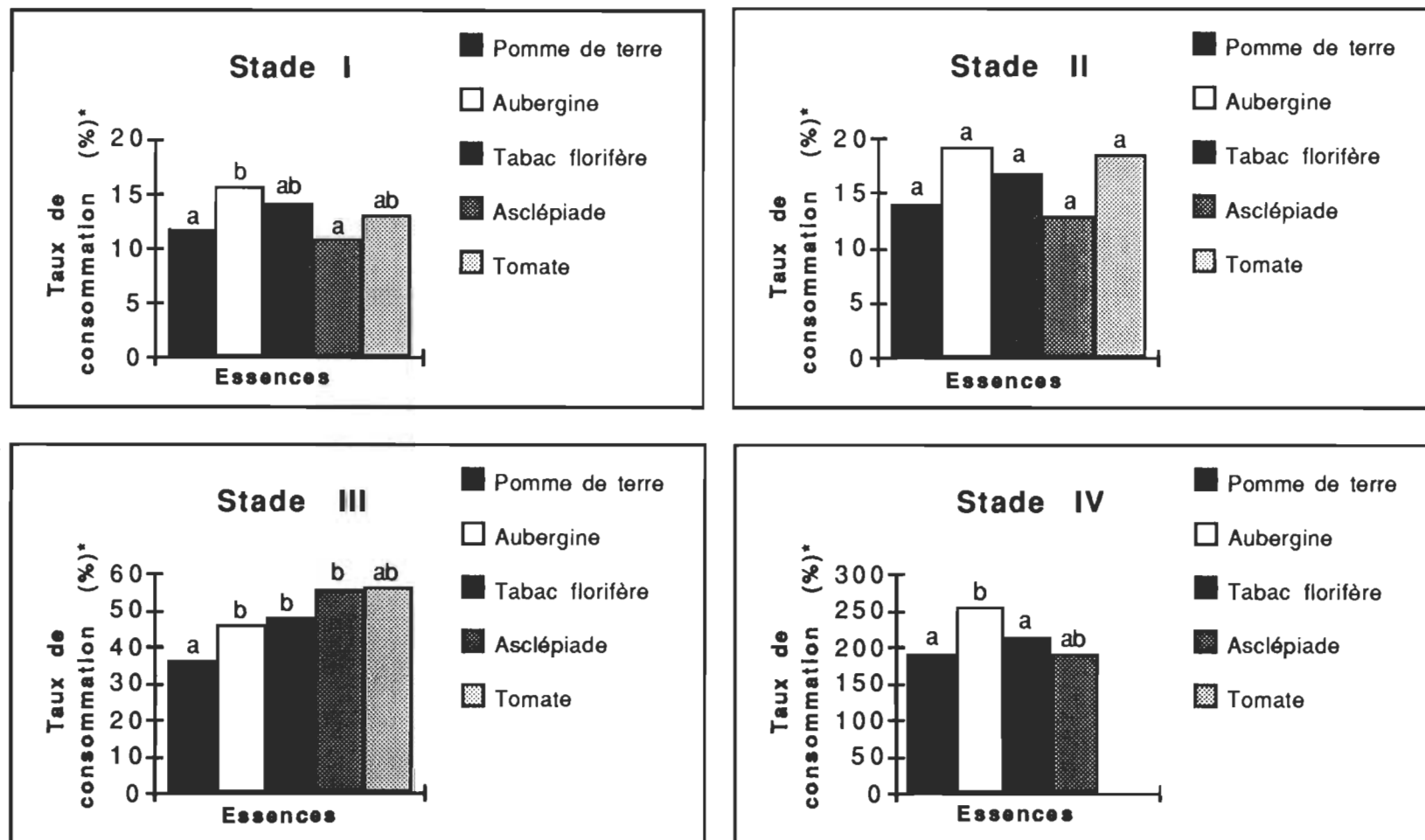
**Tableau 1.** Proportion de feuillage consommé par chacun des stades larvaires de *Leptinotarsa decemlineata* sur les essences végétales retenues.

Stades larvaires	Consommation attendue*	Consommation obtenue			
	(%)	(%)			
	Essences hôtes	<i>Solanum tuberosum</i>	<i>Solanum melongena</i>	<i>Nicotiana glauca</i>	<i>Asclepias syriaca</i>
Stade I	3	4,66	4,67	4,82	4,04
Stade II	5	5,52	5,71	5,70	4,82
Stade III	15	14,13	13,76	16,10	20,70
Stade IV	77	75,69	75,85	72,50	70,44

NB: La consommation enregistrée sur *Lycopersicon esculentum*, n'a pas été retenue, toutes les larves étant mortes avant la fin de la période larvaire.

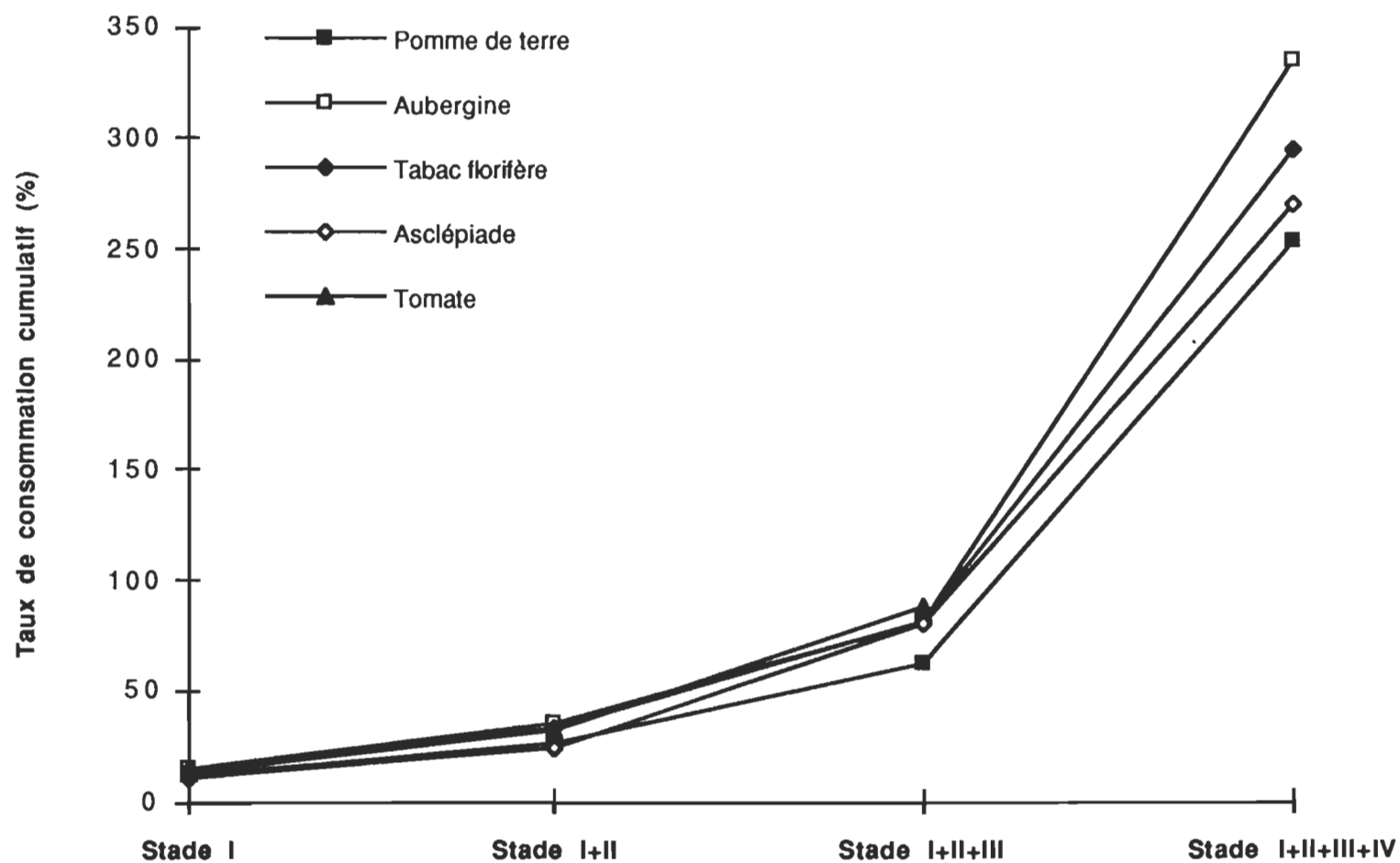
\* Selon les travaux de Tamaki et Butt (1978).



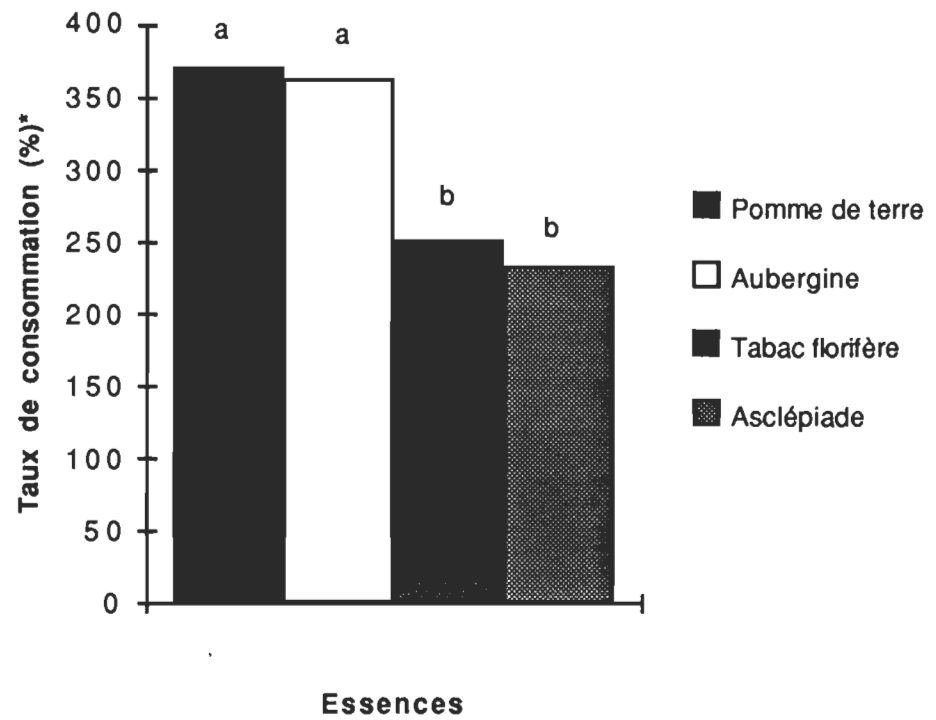


**Fig.1** Taux de consommation de chacun des stades larvaires exprimé en % du feuillage des essences consommées. \* Ce pourcentage peut-être ramené à un nombre de feuilles, 1 feuille moyenne = 100%.

Les valeurs ayant une même lettre ne sont pas significativement différentes (Test SNK,  $P=0,05$ ).



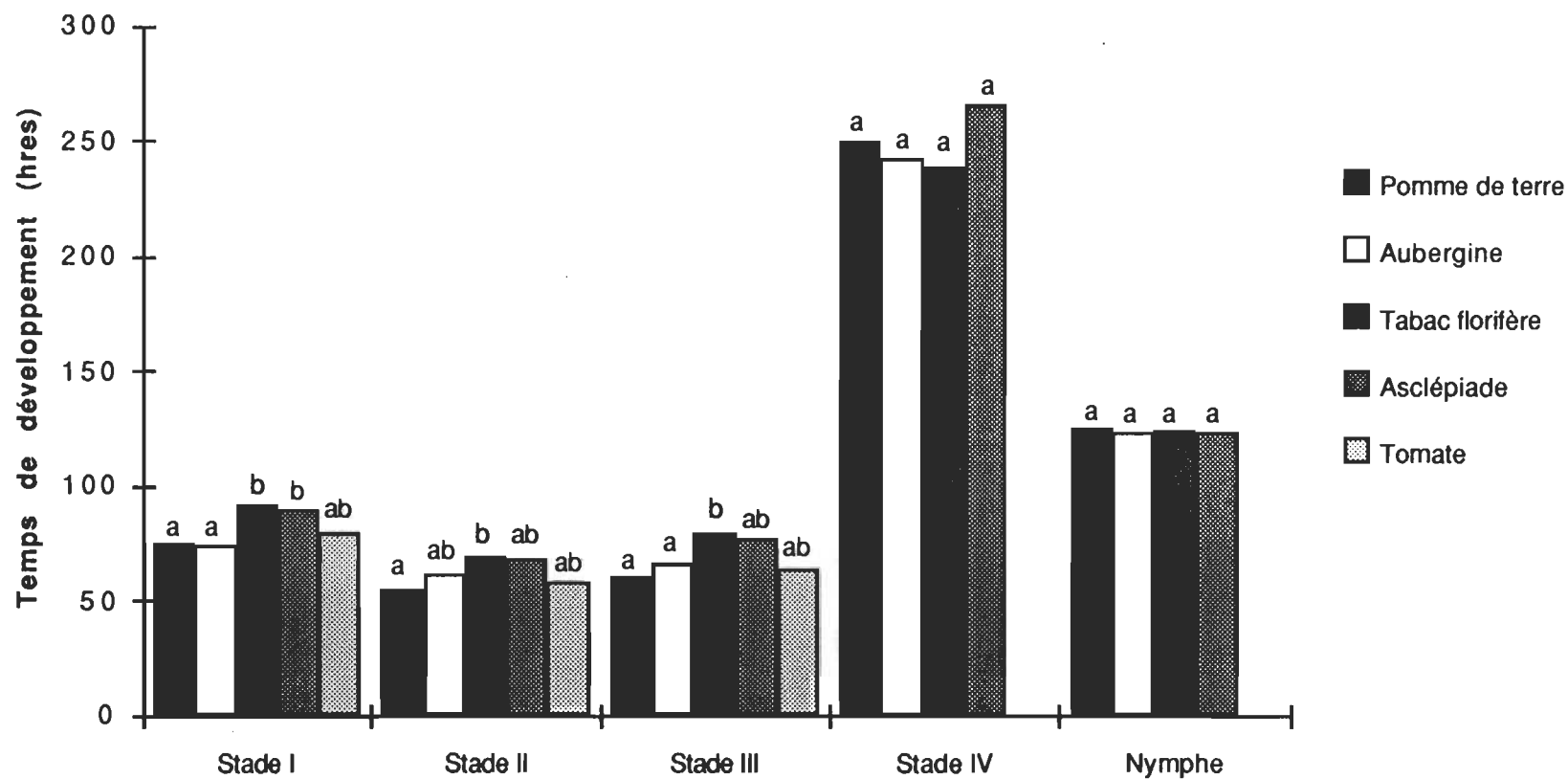
**Fig.2** Taux de consommation cumulatifs (%) des différents stades larvaires sur les essences végétales consommées.



**Fig.3** Taux de consommation des doryphores adultes sur une période de dix jours.

\* Ce pourcentage peut-être ramené à un nombre de feuilles, 1 feuille moyenne= 100%.

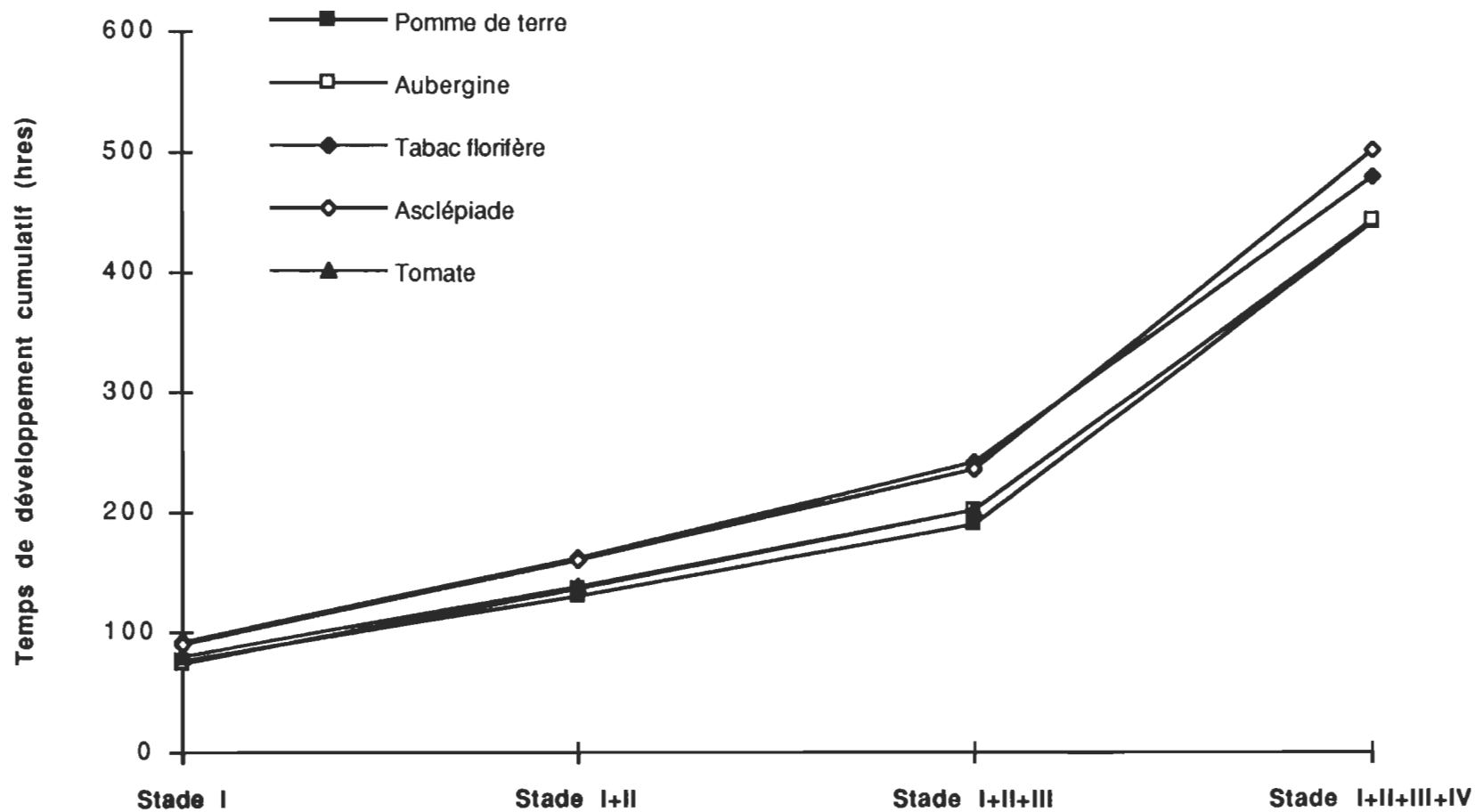
Les valeurs ayant une même lettre ne sont pas significativement différentes (Test SNK,  $P=0,05$ ).



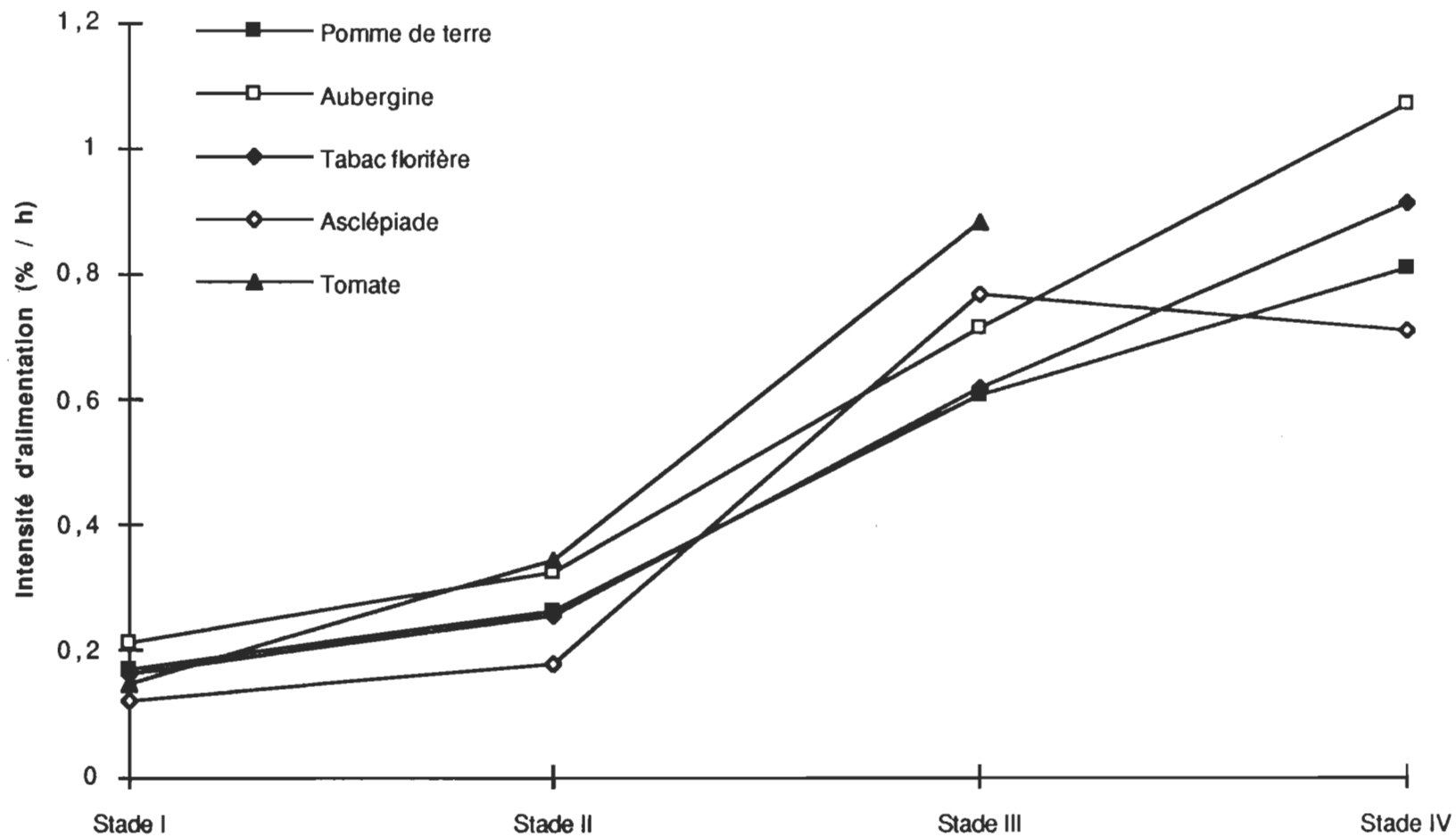
**Fig.4** Temps de développement du doryphore (hres) en fonction de l'alimentation sur cinq essences végétales.

NB: Les larves s'alimentant sur la tomate sont toutes mortes avant la fin du quatrième stade larvaire.

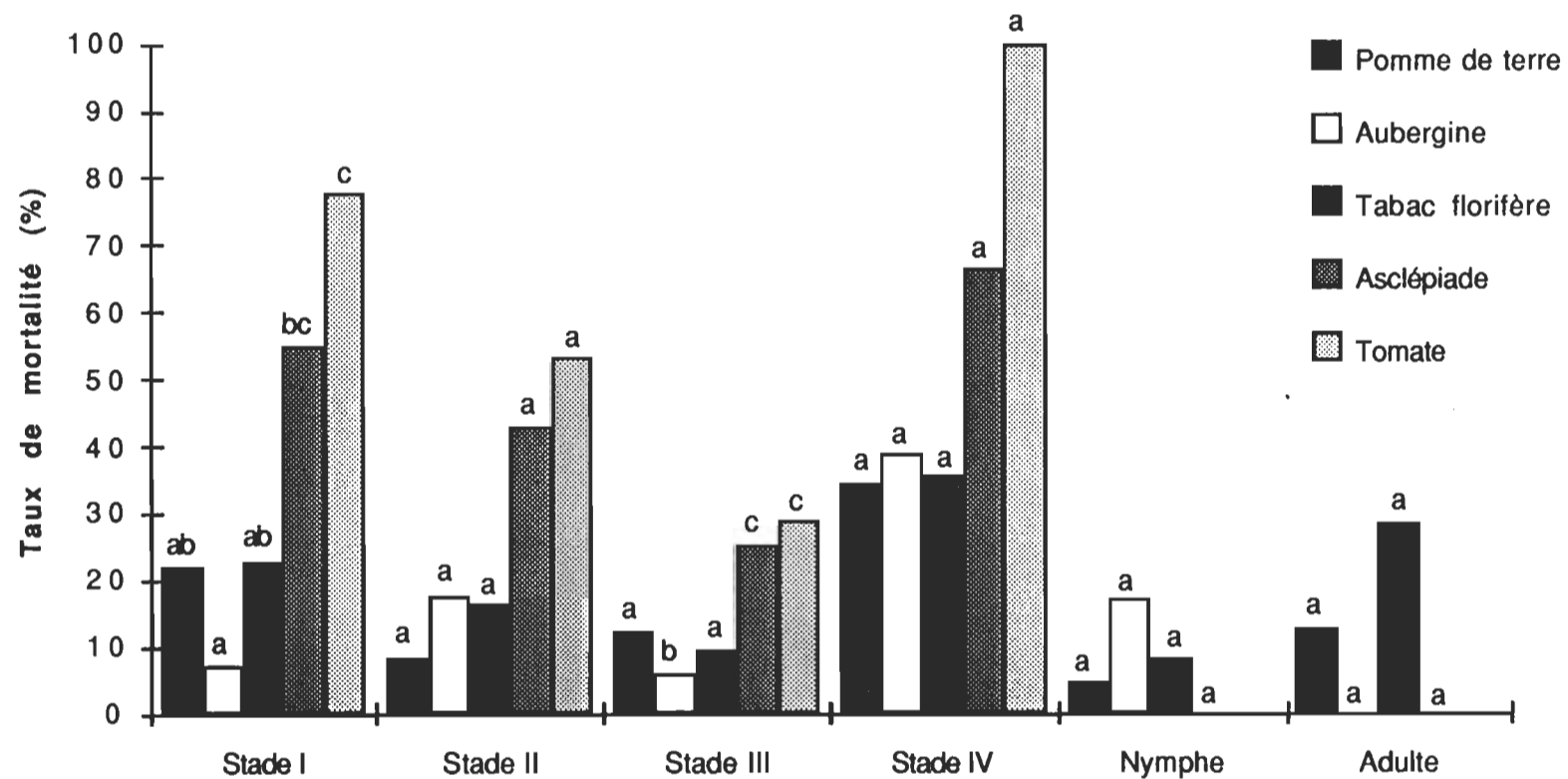
Les moyennes de chaque essence pour chacun des stades ayant la même lettre ne sont pas significativement différentes (Test SNK, P=0,05).



**Fig.5** Temps de développement cumulatifs (hres) des différents stades larvaires sur les essences végétales consommées.



**Fig.6** Intensité d'alimentation (% / h) des différents stades larvaires sur les essences végétales consommées.



**Fig.7** Taux de mortalité (%) enregistrés à chacun des stades du doryphore en fonction des essences végétales consommées.

Les valeurs de chaque essence pour chacun des stades ayant une même lettre ne sont pas significativement différentes (Test SNK,  $P=0,05$ ).

## CHAPITRE 4

### **MODIFICATION D'UNE DIETE ALIMENTAIRE ARTIFICIELLE, SELON SES ÉLÉMENTS IMPORTANTS, FAVORABLE À LA CROISSANCE DU DORYPHORE, *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA* SAY (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE).**

#### **Résumé**

Le doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), est une peste sérieuse des cultures de pommes de terre, *Solanum tuberosum*, en Amérique du Nord. Aussi, pour faciliter les recherches sur le contrôle de l'insecte, des diètes artificielles ont été modifiées et ont permis de mieux connaître le rôle joué par différents éléments nutritifs au cours de la période de croissance et ainsi cerner davantage l'alimentation des doryphores en territoire québécois. La diète la moins intéressante a été celle constituée de lipides, tous les individus n'ayant pu dépasser le second stade larvaire. Par contre, la diète renfermant les acides aminés et la diète mixte contenant l'ensemble des éléments nutritifs testés, ont permis les meilleurs taux de survie des larves de premier stade. Les acides aminés seraient donc susceptibles d'influencer plus particulièrement le taux de survie des larves au cours du premier stade larvaire. De plus, on peut supposer que les acides aminés et les sucres seraient principalement importants au cours des deux premiers stades larvaires et qu'un apport notable de lipides pourrait devenir nécessaire au cours des derniers stades larvaires. Quant à la diète de base du Laboratoire de microbiologie du Ministère de l'Environnement et de la Faune, elle n'a permis qu'à un seul adulte de se développer, de même que la diète mixte renfermant l'ensemble des éléments nutritifs testés. Cette dernière apparaît cependant plus



performante, 32 larves sur 80 au départ ayant atteint le quatrième stade. Finalement, les résultats obtenus indiquent certaines dispositions alimentaires à prendre pour créer une diète acceptable pour le doryphore.

## Introduction

L'utilisation de diètes artificielles dans l'élevage des insectes est une approche relativement récente. En effet, celles-ci ont été progressivement développées depuis les années 50, afin de satisfaire la forte demande des chercheurs s'attardant à diverses études sur les insectes, notamment dans les domaines de la physiologie, de l'écologie et de la génétique des populations. De plus, la mise au point de techniques de lutte contre les insectes, telles la stérilisation des mâles, la production de pathogènes, les manipulations d'hormones et phéromones, et les approches biologiques et intégrées de lutte ont exigé certaines diètes pouvant soutenir des élevages de masse (Singh 1977).

Aussi, plusieurs avantages découlent de l'utilisation de diètes artificielles; elles sauvent de l'espace et du temps lors des manipulations, préviennent le cannibalisme, réduisent la mortalité liée aux manipulations des insectes et facilitent leur transport vers d'autres laboratoires ou vers les milieux naturels ou agricoles lors de lâchers pour la lutte biologique (Smith et Wilson 1995).

Au cours des dernières années, beaucoup d'efforts ont donc été consacrés pour tenter de combiner les 40 à 50 éléments nutritifs, communs à la plupart des aliments, dans l'élaboration d'une nourriture acceptable pour les insectes. Cela s'est soldé par la publication de nombreux articles décrivant des diètes pour plus de 750 espèces, la majorité d'entre elles supportant des représentants de l'ordre des lépidoptères, des coléoptères et des diptères (Singh 1977).

Le doryphore, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), est un ravageur sérieux des cultures de pommes de terre, *Solanum tuberosum* L., dans l'est de l'Amérique du Nord (Mahdavi et al. 1991). Ses larves et adultes s'alimentent sur les feuilles de cette solanacée et, sans programme de lutte, ces insectes peuvent défolier et tuer les plants, empêchant les tubercules de se développer, réduisant ainsi le rendement des récoltes (Misener et Boiteau 1993). De plus, le doryphore peut aussi être un ravageur sérieux de la tomate cultivée, *Lycopersicon esculentum* Mill., particulièrement durant les premières semaines suivant la mise en champs (Hunt et al. 1994).

Ainsi, il serait souhaitable de bien connaître les exigences alimentaires des populations de doryphores, vivant sous des latitudes comme celles du Québec, ce qui faciliterait la formulation de diètes favorables à leur croissance optimale en conditions de laboratoire. De plus, de nombreux chercheurs manifestent des besoins envers de telles diètes. Il devient opportun de trouver une diète permettant d'élever les doryphores en enregistrant des taux de croissance rapide, de faibles mortalités et des taux de fécondité élevés.

## Matériel et Méthodes

**Insectes.** Les larves et les adultes de doryphores ont été obtenus d'un élevage continu d'insectes, initialement récoltés à l'été 1993, dans des champs de la région de la Mauricie près de Trois-Rivières, Québec. Ils ont ensuite été élevés en laboratoire dans une salle conçue à cette fin, sur des plants de pomme de terre cultivés en pots. De plus, afin de soutenir l'élevage, des individus récoltés en champs ont été ajoutés de façon sporadique. Les insectes étaient maintenus à 25°C sous une photopériode de 16:8.

Les oeufs obtenus de l'élevage ont été gardés jusqu'à leur éclosion dans des Pétris contenant un papier filtre humidifié. Cet isolement était nécessaire afin d'éviter le cannibalisme fréquent chez cette espèce (Tamaki et al. 1982). Les larves obtenues furent portées sur les plants de pommes de terre, la nymphose s'effectuant suite à l'enfouissement des larves dans la terre. Les adultes nouvellement émergés ont été remis sur des plants frais pour permettre l'accouplement et l'oviposition, assurant ainsi un élevage continu de doryphores.

**Diètes artificielles.** Des diètes artificielles ont été développées suite à des modifications apportées à une diète de base réalisée au Laboratoire de microbiologie du MEF, et conçue pour la tordeuse des bourgeons de l'épinette, *Choristoneura fumiferana* Clemens. Ces modifications ont été effectuées, en s'inspirant principalement de la diète décrite par Hsiao et Fraenkel (1968c), et destinée au doryphore. La composition initiale de ces deux diètes apparaît au Tableau 1.

Trois groupes d'éléments essentiels pour la croissance des insectes, soit les sucres, les lipides et les acides aminés, ont été retenus afin de

connaître le rôle joué par chacun d'eux au cours du cycle de vie du doryphore. Ces groupes de substances nutritives ont permis de réaliser quatre diètes auxquelles les doryphores ont été soumis.

*Diète à base de sucres.* Le saccharose serait le sucre le plus important dans l'alimentation du doryphore. En effet, selon une étude faite par Hsiao et Fraenkel (1968b) les larves de doryphores possèderaient une spécificité unique parmi les insectes pour ce sucre dans leurs réponses alimentaires, les autres insectes phytophages répondant bien à plusieurs autres sucres. De plus, du glucose a été ajouté à la diète de base (Tableau 1), ce sucre étant plus facilement assimilable, le doryphore y gagnerait, selon les mêmes auteurs.

*Diète à base de lipides.* Tous les lipides, stérols et cholestérols, contenus dans la diète décrite par Hsiao et Fraenkel (1968c) ont été ajoutés à la diète de base, celle-ci ne contenant à l'origine que ceux présents dans le germe de blé (Tableau 1).

*Diète à base d'acides aminés.* Des protéines de soya ont été ajoutées au germe de blé de la diète de base du MEF, car celles-ci renfermaient en plus grande concentration les acides aminés nécessaires aux doryphores, selon des analyses faites par Moore (1985) et Hsiao et Fraenkel (1968b). Cette composante n'était pas présente dans la diète de base de Hsiao pour le doryphore (Tableau 1). De plus, de la caséine hydrolysée enzymatique, présente dans cette diète de Hsiao, a aussi été ajoutée; celle-ci renfermant les compléments d'acides aminés requis par le doryphore (Moore 1985).

*Diète mixte.* Celle-ci réunit dans la diète de base du MEF, les composantes des trois diètes précédentes (Tableau 1); il s'agissait de vérifier

l'effet complémentaire de ces composantes nutritives sur le développement larvaire du doryphore.

**Expérimentation.** Afin de retarder l'éclosion des oeufs de doryphores de l'élevage, pour que les pontes puissent éclore de façon synchrone, l'approche expérimentale proposée par Boiteau et Alford (1983) a été suivie.

Quarante jeunes larves ont été soumises à chacune des diètes. Celles-ci 24 heures après qu'elles soient sorties de leurs oeufs et aient mangé les coquilles, ont été déposées à l'aide d'un pinceau dans des cupules renfermant la diète considérée pour l'expérience. De plus, pour réduire la condensation et augmenter l'aération, le couvercle de ces cupules était troué. Chacune ne contenait qu'une seule larve et l'ensemble a été déposé dans une chambre de croissance Conviron®, Modèle No. I23L (température de  $25\pm 1^\circ\text{C}$ , humidité de 70 à 80% et photopériode de 16:8). La luminosité était fournie par des fluorescents à lumière blanche et à large spectre (Gro & Sho, General Electric Canada).

La croissance des individus fut suivie jusqu'à la forme adulte, les différentes diètes étant changées au besoin. La nymphose devait s'effectuer à l'intérieur des cupules. Les taux de mortalité de chaque stade ont été enregistrés à raison de deux observations par jour, soit à 9h et 16h. L'identification des différents stades larvaires s'est effectuée à l'aide du pronotum thoracique (Boiteau et Le Blanc 1992). De plus, suite aux changements de stades la larve acquiert une couleur orange clair, permettant de reconnaître momentanément la nouvelle forme larvaire. Les larves qui se nourrissaient sur la diète de base du MEF ont été utilisées comme témoins; deux réplicats ont été effectués.

**Analyse statistique.** Les analyses statistiques ont été faites en utilisant le logiciel SPSS. Les moyennes des taux de mortalité des différents stades de croissance du doryphore, en fonction des cinq diètes artificielles, ont été comparées par une analyse de variance (ONEWAY) suivie d'un test de comparaison multiple, le Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ) (Scherrer 1984). Les distributions de mortalité des différentes tables de vie obtenues ont été comparées par une analyse de type SURVIVAL, utilisant pour la comparaison le test de Wilcoxon (Gehan) qui se sert d'un score U; comparant le temps de survie individuel de chaque insecte avec celui des autres individus (Hull et Nie 1981).

## Résultats et Discussion

Les données relatives aux tables de vie de *L. decemlineata* enregistrées sur les différentes diètes artificielles, apparaissent aux Tableaux 2 et 3. Les résultats les plus décevants pour le doryphore, ont été obtenus sur la diète à base de lipides (Tableau 2); tous les individus étant morts au cours des deux premiers stades larvaires. La mortalité de 86,25% enregistrée au cours du premier stade larvaire est de surcroît la plus forte obtenue pour ce stade. Ces larves de premier stade étant les plus sensibles selon Sanford et Cantelo (1989) et Neal et al. (1991), elles deviennent donc un indicateur intéressant de la qualité des diètes utilisées ou des composantes nutritives nécessaires en début de cycle larvaire. Ainsi, on peut conclure que les larves meurent soit à cause de la nature des lipides contenus dans la diète, soit à cause de l'absence de certaines protéines ou de certains glucides qui pourraient être nécessaires au passage vers le deuxième stade larvaire. Ces éléments se retrouvant probablement dans les autres diètes.

La seconde diète qui a causé le plus de mortalité au cours des premiers stades larvaires est la diète à base de sucres (Tableau 2). Cependant, par rapport à la diète contenant les lipides, plus du double des individus de premier stade ont réussi à muer vers le deuxième stade larvaire et un individu s'est rendu jusqu'au troisième stade.

Pour la diète à base d'acides aminés, 12 individus ont réussi à atteindre le troisième stade larvaire et un le quatrième (Tableau 3). On note de plus, par rapport aux deux premières diètes, une nette amélioration du taux de survie pour les individus du premier stade larvaire, soit 80% comparé à 14% pour la diète à base de lipides et à 36% pour celle à base de sucres. Ainsi, le taux de survie obtenu dans nos travaux sur la diète à base d'acides aminés, est le plus



élevé enregistré pour des larves de premier stade, avec celui obtenu sur la diète mixte (81%) (Tableau 3).

Il apparaît donc après l'étude de ces trois groupes d'éléments essentiels, que les acides aminés influenceraient, probablement de façon supérieure, le taux de survie des larves au cours du premier stade larvaire. En effet, comme l'ont mentionné Jansson et Smilowitz (1985), la croissance et le développement du doryphore sembleraient liés aux taux de consommation et à la quantité des acides aminés contenus dans les feuilles de plusieurs plants hôtes. De plus, l'augmentation de la concentration en protéines dans les diètes artificielles, aurait comme résultat d'augmenter la croissance des larves de doryphores. De hautes concentrations en protéines, ont même pu compenser l'effet d'un contenu élevé en glycoalcaloïdes, ceux-ci agissant comme dissuasifs alimentaires chez des espèces de *Solanum* (Hunt et al. 1994).

Cependant, les acides aminés consommés ne semblent pas soutenir les larves jusqu'au stade nymphal, le dernier individu étant mort au quatrième stade larvaire (Tableau 3). Ainsi, une ou plusieurs autres composantes interviendraient pour soutenir les larves jusqu'au stade adulte. Pour trouver cette ou ces composantes, nous avons combiné le groupe des acides aminés avec ceux de deux autres diètes, à savoir les sucres et les lipides (Tableau 4). De plus, s'il y a une forte mortalité des larves de premier stade ce seront les groupes de sucres ou de lipides qui la causeront.

L'ajout du groupe des acides aminés à la diète contenant les lipides, a fait augmenter le taux de survie des larves du premier stade à 29% comparativement à 14% sans les acides aminés (Tableaux 2 et 4). Cependant, l'ajout des lipides ne semble pas augmenter la durée de vie des

larves, mais plutôt la diminuer. En effet, seulement 5,45% des larves ont atteint le troisième stade larvaire, comparativement à 15% sur la diète à base d'acides aminés (Tableaux 3 et 4). Les lipides pourraient être la cause de cette diminution de durée de vie larvaire, mais les résultats obtenus sur la diète mixte démontrent le contraire, car 51,25% des individus ont atteint le troisième stade larvaire (Tableau 3). Alors, l'ajout des lipides diminuerait le taux de survie des larves, par rapport à la diète à base d'acides aminés, mais cet effet serait atténué dans la diète mixte, possiblement à cause de l'ajout des sucres; ceux-ci faisant augmenter le taux de survie des larves des deux premiers stades lorsque ajoutés à la diète à base d'acides aminés.

De plus, un ajout de sucres à la diète contenant les acides aminés, s'est traduit par une augmentation de 7% du taux de survie des larves de premier stade et de 10% pour celui des larves de deuxième stade, mais toutes les larves sont mortes au cours du troisième stade larvaire (Tableau 4). Selon Hsiao et Fraenkel (1968a), le saccharose aurait un effet phagostimulant sur les larves de doryphore favorisant alors une ingestion plus rapide de nourriture et ainsi un taux de survie plus élevé.

Aucune de ces deux composantes (lipides ou sucres), en combinaison avec le groupe des acides aminés, n'a eu un effet favorisant la prolongation du cycle vital. Par contre, avec la diète contenant ces trois composantes essentielles, 32 individus ont réussi à atteindre le quatrième stade larvaire (Tableau 3). On peut alors supposer que les acides aminés et les sucres pourraient être particulièrement importants au cours des deux premiers stades larvaires et qu'un apport soutenu de lipides deviendrait de plus en plus essentiel d'un stade larvaire à l'autre. En effet, les lipides seraient essentiels au développement des ailes et procureraient de l'énergie aux insectes. De

plus, le cholestérol, qui doit être fourni par l'alimentation chez les insectes, interviendrait au niveau de la mue (Singh 1984).

De plus, en combinant à la diète de base du MEF les trois composantes des autres diètes, nous avons pu vérifier s'il y avait amélioration de la survie du doryphore (Tableaux 2 et 3). Un seul adulte a été obtenu dans les deux cas; cependant il faut remarquer qu'il y a quand même une augmentation notable de la survie des insectes tout au long de leur cycle de vie. Ainsi, 32 larves de quatrième stade ont été obtenues avec la diète modifiée contrairement à une seule pour la diète du MEF.

Finalement, pour savoir si ces différentes tables de vie sont semblables entre elles au niveau de la distribution de la mortalité, une analyse statistique de type SURVIVAL a été effectuée sur le logiciel SPSS (Hull et Nie 1981). Ainsi, il existe une différence significative ( $P < 0,05$ ), au niveau des distributions de mortalités entre chacune des diètes utilisées (Tableau 5). Chaque composante nutritive joue un rôle essentielle à différents moments au cours du cycle de vie de l'insecte, répartissant ainsi, la mortalité de façon différente. Les sucres et les acides aminés interviennent au cours des deux premiers stades larvaires et les lipides de façon progressive tout au long de la vie des doryphores. De plus, la réunion de ces trois composantes favorise un meilleur taux de survie du doryphore par rapport à la diète de base du MEF.

### **Remerciements**

Cette recherche a été subventionnée grâce au Fonds pour la Formation de Chercheurs et l'Aide à la Recherche (FCAR). Nous remercions M. Antoine Aubin de l'université du Québec à Trois-Rivières pour ses conseils concernant les analyses statistiques. Nous remercions également le Dr Jean Cabana du Laboratoire de microbiologie du MEF ainsi que Mme Monique Dubé, pour la préparation des différentes diètes artificielles.

## Références

- Boiteau, G., et A. Alford. 1983. Synchronization of Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) emergence by temporary storage of eggs at low temperature. *The Canadian Entomologist* **115**: 233-234.
- Boiteau, G., et J.-P.R. Le Blanc. 1992. Stades du cycle vital du doryhpore de la pomme de terre. Ministre des Approvisionnement et Services Canada, Production du Service aux programmes de recherches. Agriculture Canada Publication, Ottawa. 14 pp.
- Hsiao, T.H., et G. Fraenkel. 1968a. Isolation of phagostimulative substances from the host plant of the Colorado potato beetle. *Annals of the Entomological Society of America* **61** (2): 476-484.
- Hsiao, T.H., et G. Fraenkel. 1968b. The influence of nutrient chemicals on the feeding behavior of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Annals of the Entomological Society of America* **61** (1): 44-54.
- Hsiao, T.H., et G. Fraenkek. 1968c. The role of secondary plant substances in the food specificity of the Colorado potato beetle. *Annals of the Entomological Society of America* **61** (2): 485-493.
- Hull, C.H., et N.H. Nie. (Eds.) 1981. SPSS UP DATE 7-9: New procedures and facilities for releases 7-9. McGraw-hill, New-York, NY. 402 pp.
- Hunt, D.W.A., A. Liptay, et C.F. Drury. 1994. Nitrogen supply during production of tomato transplants affects preference by Colorado potato beetle. *HortScience* **29** (11): 1326-1328.

- Jansson, R.K., et Z. Smilowitz. 1985. Influence of nitrogen on population parameters of potato insects: abundance, development, and damage of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* ( Coleoptera: Chrysomelidae ). *Environmental Entomology* **14**: 500-506.
- Mahdavi, A., K.R. Solomon, et J.J. Hubert. 1991. Effect of Solanaceous hosts on toxicity and synergism of permethrin and fenvalerate in Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) larvae. *Environmental Entomology* **20** (2): 427-432.
- Misener, G.C., et G. Boiteau. 1993. Holding capability of the Colorado potato beetle to potato leaves and plastic surfaces. *Canadian Agricultural Engineering* **35** (1): 27-31.
- Moore, R.F. 1985. Artificial diets: Development and Improvement. pp. 67-83 in: Sing, P. et R.F. Moore (Eds). 1985. Handbook of Insect rearing vol. 1. Elsevier, New York.
- Neal, J.J., R.L. Plaisted et W.M. Tingey. 1991. Feeding behavior and survival of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (SAY), larvae on *Solanum berthaultii* HAWKES et an F<sub>6</sub> *S. tuberosum* L.X *S. berthaultii* hybrid. *American Potato Journal* **68**: 649-658.
- Sanford, L.L., et W.W. Cantelo. 1989. Larval development rate and mortality of Colorado potato beetle on detached leaves of wild *Solanum* species. *American Potato Journal* **66**: 575-582.
- Scherrer, B. 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin Ed., Boucherville, Canada, 850 pp.

- Singh, P. 1977. Artificial diets for insects, mites, and spiders. Ifi / Plenum, New York, NY, 594 pp.
- Singh, P. 1984. Insects Diets. pp. 32-44 in: King, E.G. et N.C. Leppla (Eds). 1984. Advances and challenges in insect rearing. USDA, New-Orleans.
- Smith, C.S., et C.G. Wilson. 1995. Effect of an artificial diet on *Carmenta mimosa* Eichlin and Passoa (Lepidoptera: Sesiidae), a biological control agent for *Mimosa pigra* L. in Australia. *Journal of Australian entomological Society* **34**: 219-220.
- Tamaki, G., R.L. Chauvin, et T. Hsiao. 1982. Rearing *Doryphorophaga doryphorae*, a tachinid parasite of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. USDA, ARS Advances in Agricultural Technology, Western Series, No. 21.

**Tableau 1.** Composition des diètes artificielles pour *Leptinotarsa decemlineata*.

<b>Ingédients (matières sèches)</b>	<b>Diète Hslao (g)</b>	<b>1.Diète de base (g)</b>	<b>2.Diète Sucres (g)</b>	<b>3.Diète Lipides (g)</b>	<b>4.Diète Acides aminés (g)</b>	<b>5.Diète mixte (2-3-4) (g)</b>
Caséine sans vitamine	50	35	35	35	50	50
Alphacel	-	5	5	5	5	5
Mélange sel Wesson	10	10	10	10	10	10
Saccharose	30	35	30	35	35	30
Germe de blé	-	44	44	44	44	44
Chlorure de choline	0,5	1	1	1	1	1
Acide ascorbique	1	4	4	4	4	4
Méthyle paraben	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Agar	30	16,6	16,6	16,6	16,6	16,6
Acide sorbique	-	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Glucose	20	-	20	-	-	20
Huile de maïs	5	-	-	5	-	5
Cholestérol	0,5	-	-	0,5	-	0,5
Méso-inositol	0,2	-	-	0,2	-	0,2
Fève soya	-	-	-	-	20	20
Poudre de cellulose	40	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>187,2</b>	<b>153,6</b>	<b>168,6</b>	<b>159,3</b>	<b>188,6</b>	<b>209,3</b>
Eau déionisée (ml)	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Caséine hydrolysée enzymatique (ml)	100	-	-	-	100	100
Solution A de vitamines (ml) 1)	5	5	5	5	5	5
Solution B de vitamines (ml) 2)	5	5	5	5	5	5
KOH 4M (ml)	1,5	5	5	5	5	5

1) Contient 100 mg de riboflavine et 50 mg d'acide folique.

2) Contient 200 mg de niacine, 200 mg de calcium Pantothénate, 50 mg de thiamine HCl, 50 mg de pyridoxine HCl, 4 mg de biotine et 0,4 mg de vitamine B<sub>12</sub>.



**Tableau 2.** Tables de vie pour *Leptinotarsa decemlineata* alimentée sur diètes artificielles.

	1. Diète de base				2. Diète avec les sucres				3. Diète avec les lipides			
x	lx	dx	100qx	Sx	lx	dx	100qx	Sx	lx	dx	100qx	Sx
Stade I	80	36	45,00	0,55	80	51	63,75	0,36	80	69	86,25	0,14
Stade II	44	36	81,82	0,18	29	28	96,55	0,03	11	11	100	0,00
Stade III	8	7	87,50	0,13	1	1	100	0,00	0	-	-	-
Stade IV	1	0	0,00	1,00	0	-	-	-	-	-	-	-
Nymphe	1	0	0,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
Adulte	1	0	0,00	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-

x= Stade

lx= Individus vivant au début du stade x

dx= Individus mourant durant le stade x

100qx= Taux de mortalité (%)

Sx= Taux de survie

**Tableau 3.** Tables de vie pour *Leptinotarsa decemlineata* alimentée sur diètes artificielles.

x	4. Diète avec des acides aminés				5. Diète mixte (2-3-4)			
	lx	dx	100qx	Sx	lx	dx	100qx	Sx
Stade I	80	16	20,00	0,80	80	15	18,75	0,81
Stade II	64	52	81,25	0,19	65	24	36,92	0,63
Stade III	12	11	91,67	0,08	41	9	21,95	0,78
Stade IV	1	1	100	0,00	32	27	84,38	0,16
Nymphe	0	-	-	-	5	4	80,00	0,20
Adulte	-	-	-	-	1	0	0,00	1,00

x= Stade

lx= Individus vivant au début du stade x

dx= Individus mourant durant le stade x

100qx= Taux de mortalité (%)

Sx= Taux de survie

**Tableau 4.** Tables de vie pour *Leptinotarsa decemlineata* alimentée sur diètes artificielles.

x	Diète 2-4 (Sucres+Ac. aminés)				Diète 3-4 (Lipides+Ac. aminés)			
	lx	dx	100qx	Sx	lx	dx	100qx	Sx
Stade I	55	7	12,73	0,87	55	39	70,91	0,29
Stade II	48	34	70,83	0,29	16	13	81,25	0,19
Stade III	14	14	100	0,00	3	3	100	0,00
Stade IV	0	-	-	-	0	-	-	-
Nymphe	-	-	-	-	-	-	-	-
Adulte	-	-	-	-	-	-	-	-

x= Stade

lx= Individus vivant au début du stade x

dx= Individus mourant durant le stade x

100qx= Taux de mortalité (%)

Sx= Taux de survie

**Tableau 5.** Analyse des distributions de mortalité des tables de vie de *Leptinotarsa decemlineata* alimentée sur différentes diètes artificielles.

	1.Diète de base	2.Diète Sucres	3.Diète Lipides	4.Diète Acides aminés	5.Diète mixte (2-3-4)
1.Diète de base	-				
2.Diète Sucres	7,25 ( ,0071)	-			
3.Diète Lipides	31,31 ( ,0000)	10,88( ,0010)	-		
4.Diète Acides aminés	9,47 ( ,0021)	34,59 ( ,0000)	78,56 ( ,0000)	-	
5.Diète mixte (2-3-4)	31,74 ( ,0000)	53,26 ( ,0000)	78,91 ( ,0000)	17,11 ( ,0000)	-

Les valeurs du Test de SURVIVAL ( $P < 0,05$ ), sont toutes significativement différentes.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette étude relative à l'utilisation de diverses essences par le doryphore, a examiné des traits physiologiques tel que les taux de mortalité, de consommation et de développement d'une population d'origine québécoise, comme c'est le cas de la plupart des études sur les variations géographiques de l'alimentation (Lu et Logan 1995). Ainsi, nous avons pu observer que l'aubergine soutient mieux le développement de la population étudiée, par rapport à ce qui a été enregistré pour cette essence chez d'autres populations américaines. Nous avons même obtenu pour l'ensemble de la période larvaire, un temps de développement et un taux de mortalité identiques à ceux enregistrés sur la pomme de terre.

Mais bien que les insectes herbivores s'exposent eux-mêmes aux allélomones toxiques de leurs plants hôtes, leur croissance et reproduction sont fonction de leurs succès d'adaptation à ces composés (Mahdavi et al. 1991). D'où le rôle important que viennent jouer les hôtes alternatifs, comme le tabac florifère, dans l'expansion et la distribution d'une espèce. En effet, cet hôte ornemental, malgré le fait qu'il provoque un ralentissement du temps de développement larvaire du doryphore, a tout de même permis un taux d'émergence des adultes comparable à ceux enregistrés sur des hôtes plus familiers comme la pomme de terre et l'aubergine. Ainsi, le doryphore pourrait utiliser le tabac florifère comme hôte alternatif et alors étirer sa période de reproduction, faciliter sa survie et sa dispersion, dans des régions où il n'y a plus de plants de pommes de terre disponibles.

Cependant, une résistance des plants hôtes face aux doryphores, est exprimée par une réduction des taux de croissance, une baisse de l'alimentation et de la fécondité, et une augmentation de la mortalité larvaire

(Neal et al. 1991), comme nous avons pu le constater sur la tomate. En effet, la tomate s'avère être, dans cette étude, l'essence la plus compromettante au développement du doryphore, 89 % des individus étant mort au cours des deux premiers stades larvaires et aucun adulte n'ayant été obtenu à la fin de l'étude. De plus, la réduction de l'alimentation apparaît être une conséquence d'un contact moins fréquent avec le feuillage chez les vieilles larves, pendant que l'alimentation par les néonates est apparemment réduite à cause de l'absence de stimulants alimentaires ou de la présence de substances inhibitrices (Yencho et Tingey 1994). C'est d'ailleurs cette dernière hypothèse qui a été retenue pour expliquer les fortes mortalités obtenues chez l'asclépiade. Malgré cela, quatre adultes ont réussi à compléter leur cycle vital, ce qui est surprenant car cette essence n'était pas considérée comme un hôte pour le doryphore. Ainsi, suite à ces résultats et à l'observation d'oeufs sur des plants d'asclépiade en nature, nous pouvons conclure qu'il faudra tenir compte du doryphore comme un ravageur potentiel dans une éventuelle utilisation des fibres de l'asclépiade.

Cette étude a de plus tenu compte des différentes composantes nutritives essentielles aux doryphores démontrant que celles-ci jouent un rôle important à divers moments au cours de son cycle de vie. Ainsi, les acides aminés et les sucres testés semblent plus importants au cours des premiers stades larvaires, mais ne soutiennent pas les larves jusqu'au stade nymphal. Par la suite, les lipides deviennent de plus en plus essentiels pour procurer de l'énergie aux insectes et faciliter la mue.

Finalement, plus d'études détaillées sur le temps de développement, la température, la mortalité et la distribution des taux de consommation, permettraient de progresser plus rapidement dans la modélisation des réponses des insectes face à leurs hôtes (Logan et al. 1985).

## RÉFÉRENCES

- Anonyme. 1975. Doryphore de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Identification des insectes Feuille no10, Ministère de l'Agriculture du Canada, Information Canada, Ottawa, 2 pp.
- Barbour, J.D., et G.G. Kennedy. 1991. Role of steroidal glycoalkaloid-tomatine in host-plant resistance of tomato to Colorado potato beetle. *Journal of Chemical Ecology*, 17(5): 989-1005.
- Boiteau, G., et J.-P.R. Le Blanc. 1992. Stades du cycle vital du doryphore de la pomme de terre. Ministère des Approvisionnement et Services Canada, Production du Service aux programmes de recherches. Agriculture Canada Publication, Ottawa. 14 pp.
- Duchesne, R.-M., et J.-G. Parent. 1991. The flowering tobacco as a new alternative host for the Colorado potato beetle. *American Potato Journal*, 68: 743-750.
- Ferro, D.N., A.F. Tuttle, et D.C. Weber. 1991. Ovipositional and flight behavior of overwintered Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). *Environ. Entomol.* 20(5): 1309-1314.
- Follett, P.A., G.G. Kennedy, et F. Gould. 1993. REPO: A simulation model that explores Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) adaptation to insecticides. *Environ. Entomol.* 22(2): 283-296.
- Hare, J.D. 1990. Ecology and management of the Colorado potato beetle. *Annu. Rev. Entomol.* 35: 81-100.

- Hodgson, W.A., D.D. Pond, et J. Munro. 1975. Maladies et ennemis de la pomme de terre. Ministère de l'agriculture du Canada. Publication 1492.
- Horton, D.R., et J.L. Capinera. 1990. Host utilization by Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) in a potato/weed (*Solanum Sarrachoides* Sendt.) system. Can. Ent. 122: 113-121.
- Hsiao, T.H., 1978. Host plant adaptations among geographic populations of the Colorado potato beetle. Entomologia experimentalis et applicata 24: 437-447.
- Lu, W., et P. Logan. 1993. Induction of feeding on potato in Mexican *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Environ. Entomol. 22(4): 759-765.
- Lu, W., et P. Logan. 1994. Genetic variation in oviposition between and within populations of *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Annals of the Entomological Society of America 87(5): 634-640.
- Marie-Victorin, (Fr.). 1964. Flore Laurentienne. Les Presses de l'Université de Montréal, Montréal, 925 pp.
- Pelletier, Y. 1993. A method for sex determination of the Colorado potato beetle pupa, *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Ent. News 104(3): 140-142.
- Price, P.W. 1984. Insect Ecology, (2nd ed.). John Wiley & Sons éditeurs, New-York, 607 pp.
- Singh, P. 1977. Artificial diets for insects, mites, and spiders. Ifi / Plenum, New York, 594 pp.



- Smith, C.S., et C.G. Wilson. 1995. Effect of an artificial diet on *Carmentis mimosae* Eichlin and Passoa (Lepidoptera: Sesiidae), a biological control agent for *Mimosa pigra* L. in Australia. J. Aust. ent. Soc. 34: 219-220.
- Stanek, V.J. 1979. Encyclopédie illustrée des insectes. Gründ, Paris. p.242-243.
- Szentesi, A., et T. Jermy. 1993. A comparison of food-related behaviour between geographic populations of the Colorado potato beetle (Coleoptera, Chrysomelidae), on six solanaceous plant species. Entomol. exp. appl. 66: 283-293.
- Vallardi, F. (dir. de publi.). 1964. Encyclopédie du monde végétal tome II. Librairie Aristide Quillet, Paris, p.569-581.

## **ANNEXES**

### **RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS**

Les articles des chapitres 2 et 4 sont conformes aux critères éditoriaux de la revue *The Canadian Entomologist* et l'article du chapitre 3 à ceux de la revue *Environmental Entomology*.

*The Canadian Entomologist*

DIRECTIVES AUX AUTEURS

(Les *Mémoires de la Société d'Entomologie du Canada* sont sujets aux mêmes normes et règles de révision que les articles du journal *The Canadian Entomologist*, sauf qu'un style plus libre est permis; la Société publie des "Festschrift", des comptes-rendus de symposiums de la Société, des numéros commémoratifs etc., mais seulement dans la série des *Mémoires*.)

**Les manuscrits doivent être adressés au rédacteur scientifique approprié  
(adresse sous la page couverture)**

**Généralités.** Les articles peuvent être publiés en français ou en anglais. Au moins l'un des auteurs doit être membre en bonne et due forme de la Société. L'article ne doit pas avoir été soumis pour publication antérieure ou simultanée dans une autre revue. Le texte doit être aussi concis que possible et tout matériel non essentiel à la compréhension du thème général de l'article doit être omis. Les auteurs sont fortement encouragés à remettre les spécimens types de nouveaux taxons à un institut reconnu (avec des notes sur leur identité taxonomique) et à indiquer dans leurs articles dans quelle collection les spécimens ont été déposés. **Les auteurs sont également invités à soumettre sur disquette, aussi bien que sur copie imprimée, la version finale révisée et approuvée de leur article (toute version de WordPerfect sur IBM/MS-DOS).**

**Texte.** Le manuscrit doit être dactylographié ou produit par imprimante de qualité lettre, **entièrement à double interligne** (incluant renvois au bas de page, titres des tableaux et figures, synonymies et listes bibliographiques), au recto du papier seulement, et en laissant des marges d'au moins 25 mm à gauche, au haut et au bas. L'utilisation de papier à manuscrit avec lignes numérotées est encouragée car elle facilite le travail de révision. Soumettre l'original et deux copies du manuscrit, chacune avec une copie claire de toutes les illustrations. **Les auteurs doivent garder une copie du manuscrit et tous les originaux des illustrations.** La position approximative des tableaux et des figures doit être indiquée dans le manuscrit. L'orthographe doit être conforme à l'usage prescrit par un dictionnaire réputé. Sauf dans une citation, il faut donner les dates sous la forme "1 avril 1981", "28 juin", etc. Dans le texte, les renvois aux figures doivent être faits sous la forme "Fig. 1", "Figs. 5-7", etc. Les citations de travaux publiés doivent être faites sous l'une ou l'autre des formes suivantes: "Cartier (1981) a montré...", "(Cartier 1981)", "(Walker 1976, 1978)", ou "(Walker 1976; Allen 1977a, 1977b)". Les renvois au bas de page doivent être réduits au strict minimum. Lorsqu'essentiels, ils doivent apparaître au bas de la page même où ils sont faits et être séparés du texte par une ligne. Les autorités scientifiques doivent apparaître pour tous les taxons des niveaux du genre et de l'espèce mentionnés au titre, de même qu'à la première mention qui en est faite au résumé et dans le texte.

Les **abréviations et symboles** de mots, phrases, termes et toponymes doivent si possible être ceux recommandés par le *CBE Style Manual, 5th edition, 1983* (Council of Biology Editors, Inc., Bethesda, MD, USA). Les toponymes ne doivent pas être abrégés s'ils font partie du titre ou de l'adresse des auteurs. Le Système International d'Unités (SI) doit être utilisé pour les poids et mesures. Utiliser le glossaire de Torre-Bueno (1989 ou une édition plus récente) comme source de définition des termes d'entomologie (en anglais). Les noms communs des insectes doivent être ceux approuvés par la Société d'Entomologie du Canada (*Noms communs des insectes du Canada*, disquette disponible auprès de la Société: 393, ave. Winston, Ottawa, ON K2A 1Y8).

**Soulignement.** Les mots en caractères italiques devraient apparaître en italique ou être soulignés d'un seul trait. Les mots destinés à apparaître en majuscules doivent être tapés en majuscules dans le manuscrit.

Les articles **taxonomiques** doivent être rédigés de façon conforme à ceux qui paraissent couramment dans le journal, spécialement en ce qui concerne la synonymie (voir *The Canadian Entomologist* **111**: 1034-1035), les clés analytiques (**111**: 1037), et les listes de répartition (**95**: 604). Les entêtes secondaires ne doivent pas être en italique. Les auteurs sont priés de placer tout nouveau taxon (espèce, genre) dans un contexte approprié; et doivent, autant que possible, fournir une clé ou la version modifiée d'une clé.

**Résumé.** Les articles de plus de deux pages dactylographiées, à l'exception des notes scientifiques, doivent débiter par un résumé dont la longueur devrait être d'environ 3 % de celle du texte sans toutefois dépasser 300 mots. Ne pas inclure de sommaire en plus du résumé. L'ajout d'une traduction du résumé en Anglais est encouragée et accélérera la publication; il devrait être fourni avec le manuscrit soit à la soumission ou avec les révisions finales.

Les **remerciements** doivent être concis et regroupés dans un paragraphe séparé apparaissant à la fin du texte.

Les **références** doivent être énumérées alphabétiquement par ordre d'auteur à la fin du texte et conformément au style utilisé couramment dans la revue. Dans la liste des références, les noms des revues périodiques ou en série doivent être écrits au long. Le titre complet de chaque référence doit apparaître, de même que les pages exactes, sauf dans le cas de livres. Ne pas mentionner de pages ou

de figures en particulier dans la liste bibliographique. Si c'est nécessaire, le faire dans le texte de la façon suivante: "(Walker 1980, p. 30, fig. 6)". Ne pas référer à ses propres travaux non encore publiés sous la forme "article soumis" ou "article en préparation". Il faut plutôt énoncer simplement les résultats trouvés. Les lettres de permission doivent être fournies pour toute "communication personnelle" citée par les auteurs. Ne pas inclure des "informations non publiées" ou des "communications personnelles" dans la liste bibliographique.

Les **tableaux** doivent être numérotés consécutivement en chiffres arabes et regroupés à la fin du texte, chacun sur une page séparée. Le titre doit être conforme aux normes du journal quant à la ponctuation et l'usage des majuscules, et doit expliquer clairement le contenu du tableau.

**Illustrations, généralités.** Soumettre trois copies claires de tous les dessins au trait et en demi-teintes. Le nom de l'auteur, le titre de l'article et le numéro de la figure doivent être indiqués au dos de chaque illustration ou groupe d'illustrations. Les illustrations peuvent être soumises sous la forme d'imprimés photographiques déjà réduits à des dimensions compatibles avec celles des pages du journal, ou encore sous la forme d'originaux devant être réduits *d'au plus 2X*, car une réduction par un facteur plus élevé causerait probablement une perte de détail. Les dessins au trait *ne peuvent* être combinés à des photographies dans une même figure, bien que ces deux types d'illustrations préparées séparément puissent être imprimées côte à côte sur une même page. Le lettrage devant faire partie intégrale d'une illustration doit être clairement séparé du titre. Celui-ci est monté en caractères d'imprimerie et doit être soumis séparément de l'illustration. Les originaux de toutes les illustrations ne devraient être expédiés qu'après acceptation du manuscrit pour publication, alors que des instructions seront fournies. Les **dessins au trait** doivent être faits à l'encre de Chine ou par l'emploi de transferts, sur une pellicule blanche de bonne qualité. Ne pas soumettre de graphiques sur papier quadrillé sauf si le quadrillage est bleu pâle. La grosseur du lettrage, des symboles et des motifs d'ombrage doit être choisie de façon à éviter toute perte de résolution après réduction de l'original. Le lettrage doit être propre, uniforme et préparé avec soin.

Les originaux en **demi-teintes** doivent être des imprimés à fort contraste sur papier glacé. Les négatifs ou les photographies non montées ne sont pas acceptés. Lorsque plusieurs photographies doivent apparaître sur une même page, les différents imprimés doivent être numérotés et montés côte à côte sur un carton. Minimiser l'usage de lettrage afin d'assurer le maximum de clarté. Les négatifs doivent être retailés afin d'enlever toute partie blanche ou non essentielle, et ensuite agrandis de façon à ce que le sujet principal occupe le maximum d'espace.

Les **titres** des figures doivent être numérotés consécutivement en chiffres arabes et tapés en ordre à la fin du manuscrit, en accordant un paragraphe pour chaque page d'illustrations. Les titres doivent être soumis séparément des illustrations.

Des **notes scientifiques** ne dépassant pas deux pages imprimées sont acceptables. Elles sont sujettes aux mêmes normes que les articles sauf qu'un résumé n'apparaît pas. Il se peut qu'une partie d'une autre note scientifique apparaisse sur les tirés-à-part des notes.

**Révision des manuscrits.** Les manuscrits sont révisés par au moins deux réviseurs. C'est le rédacteur scientifique ou l'un des rédacteurs associés qui choisit les réviseurs dont les noms restent confidentiels. Tout article soumis sera accepté, refusé ou retourné aux auteurs pour modification d'après les rapports des réviseurs. Les auteurs ont la possibilité de suggérer eux-mêmes des réviseurs compétents, et peuvent de plus informer la rédaction de toute révision ayant précédé la soumission en fournissant les noms des réviseurs et des copies de leurs commentaires. Dans le cas d'articles qui ont déjà été rejetés par d'autres revues, il faut inclure des copies des commentaires des réviseurs et des rédacteurs.

**Frais de publication.** Les frais de publication des articles paraissant dans *The Canadian Entomologist* sont de 30,00\$ par page imprimée. Ces frais couvrent aussi tous les éléments qui s'ajoutent au texte, à l'exception des illustrations en couleur, sauf si ces suppléments totalisent plus de 40 % des pages imprimées. Les illustrations en couleur sont à la charge entière des auteurs. Les chercheurs à la retraite et les entomologistes amateurs qui ne sont rattachés à aucune université ou institution officielle et qui devraient normalement payer les frais de publication eux-mêmes mais sont dans l'impossibilité de le faire, peuvent demander de l'aide. **Seuls les membres de la Société d'Entomologie du Canada sont éligibles à une exemption des frais de publication; sans un demande d'exemption, les auteurs se rendent responsables des frais.**

Les frais de page pour les *Mémoires* sont de 45,00\$ par page imprimée.

Les tirés-à-part sont vendus à la centaine seulement aux prix suivants (dollars canadiens):

Nombre de pages	1-4	5-8	9-12	13-16	17-20	21-24	25-28
100 copies	66\$	95\$	127\$	164\$	204\$	248\$	297\$
Chaque 100 de plus	22\$	29\$	35\$	43\$	48\$	56\$	64\$

Des **réductions** (jusqu'à 40 %) pourront être accordées aux auteurs qui certifieront au moment de commander qu'ils achètent des tirés-à-part à leurs frais. Les copies achetées personnellement par les auteurs en plus de celles achetées par leur institution, leur seront facturées aux tarifs applicables aux centaines additionnelles.

## Information for Contributors

*Environmental Entomology* is published in February, April, June, August, October, and December. Contributions report on the interaction of insects with the biological, chemical, and physical aspects of their environment. Articles are divided into categories by subject matter: physiological and chemical ecology (abiotic effects, pheromones, effects of miscellaneous pollutants), community/ecosystem ecology (trophic-level studies, associations), population ecology (mating, reproduction, movement, behavior, parasitism, predation, microbial ecology, insect-plant relations), pest management and sampling (integrated pest management, sampling, distribution), and biological control (mass release, microbial control, augmentation, classical biological control).

All papers are reviewed by scientists qualified to judge the validity of the research. Acceptance or rejection, however, is the decision of the subject editor. Acceptance of papers is based solely on their scientific merit. Appeal of a rejected manuscript should be made to the Editorial Board, via the managing editor. Accepted manuscripts are published approximately in the order they are received.

In addition to research papers, *Environmental Entomology* publishes letters to the editor, interpretive articles in a Forum section, book reviews, and articles that describe new entomological techniques. The same guides apply to these as to research articles.

For more detailed instructions concerning the preparation and submission of manuscripts, consult the *Publications Policies and Guide for Authors*, available free of charge from the Entomological Society of America.

**Manuscript Preparation.** Type all manuscripts double spaced, with 1½-inch margins, on one side of 8½- by 11-inch nonerasable bond paper. Underscore only to denote italic type. Do not underscore headings. Number pages consecutively, beginning with the title page. Begin each of the following on a separate page and arrange in this order: Title page, abstract, text, acknowledgment, references cited, footnotes, tables, figure legends, running head and journal section. Submit the original manuscript and artwork and two copies to

Managing Editor  
Entomological Society of America  
9301 Annapolis Road  
Lanham, Md. 20706

*Do not* submit a new manuscript directly to the subject editor.

**Title Page.** In the upper right corner, type the complete name, address, and telephone number of the author who is to receive and approve page proofs. In the upper left corner, type *Environmental Entomology* and the subject area in which the manuscript should appear. Use a brief and informative title that includes order and family names in parentheses. Four lines beneath the title, type in capital letters the complete names of all authors. Four lines beneath the authors' names, type the department, institution, city, state, ZIP code, and country (other than the United States) of the institution where the research was done. Use numbered footnotes for authors not affiliated with the research institution, and give their addresses or affiliations on the footnote page.

**Abstract.** Abstracts should be an informative digest of the significant contents and the main conclusions of the research.

**References Cited.** Citations in the text should be by last name of author and date and refer to a reference listed alphabetically by author in *References Cited*. The format should conform to the ESA reference style sheet, available upon request from the publications office.

**Tables.** Keep tables to a minimum. Type all parts of each table double spaced, with each table starting a new page.

**Illustrations.** At the time of manuscript submission, submit original drawings on illustration board no larger than 14 by 18 inches. Photographs must be on glossy paper. Separate parts of the same figure must be mounted together on illustration board and arranged to use space efficiently. Wherever possible, it is best to avoid using a full page for a set of illustrations. That is, authors should attempt to have each figure appear separately from the others and should consider numbering illustrations as separate figures other than as multiple parts of the same figure. Authors should indicate a preference for one- or two-column reproduction, and they are asked to account for the length of the caption and for proportionate reduction or enlargement in the choice of lettering size, type style, and the format of the artwork itself. Authors are urged to call the staff of the publications office, (301) 731-4535, with questions concerning the preparation of artwork. Each piece of artwork should be labeled with the corresponding author's name, address, and telephone number; an abbreviated title of the paper; and the name of the journal to which the article has been submitted. Original artwork for rejected papers is returned by the subject editor; for accepted papers, the artwork is returned with page proofs. Authors need not send artwork back to the publications office with page proofs unless they are asked to do so.

**Style Conventions.** When first mentioned, a plant or animal should include the full scientific name and the author of the zoological name unabbreviated—except for Linnaeus (L.) and Fabricius (F.). Use only common names approved by the Entomological Society of America. Otherwise, the manuscript should conform to the guidelines established by the latest edition of the *Council of Biology Editors Style Manual*.

**Proofs and Reprints.** Page proofs and reprint order forms are sent to authors after manuscripts are typeset. All changes in proof, except for printer's and editorial errors, will be charged to the author.

**Editorial Charges.** ESA assesses editorial review charges on all accepted manuscripts to cover some of the expenses of publishing. Contact the ESA National Office at (301) 731-4535 for current rates. Reprints can be ordered at the time page proofs are returned to the national office; see the reprint order form for rates. Authors' alterations are billed at \$6 per alteration. Member authors who are retired and not affiliated with any institution can publish five gratis pages each year. Member authors who are employed but who have no grants or funds for publication can request a partial waiver of editorial charges. Such requests must be made at the time of manuscript submission. For a full explanation, see *Publications Policies and Guide for Authors*. Nonmembers are not eligible for editorial charge waivers.